

Pozsonyi Ferenc

ENGLISH LANGUAGE

For Absolute Beginners

© Dunaújvárosi Egyetem–Ecotech Nonprofit Zrt., 2022

© Pozsonyi Ferenc author, 2022

A kötet A Dunaújvárosi Egyetem Paksi Kompetencia- és Kutatóközpontjának kialakításához szükséges feladatok ellátásához kapcsolódó 1734/2019. (XII. 19.) Korm. határozat alapján kapott támogatásból valósul meg.

DUNAÚJVÁROSI EGYETEM
www.uniduna.hu
D=U=E PRESS

Kiadóvezető Németh István

Felelős kiadó Dr. habil András István
Felelős szerkesztő Nemeskéry Artúr

Tördelés Duma Attila
Készült a HTSART nyomdában
Felelős vezető Halász Iván

Pozsonyi Ferenc

ENGLISH LANGUAGE

For Absolute Beginners

DUE Press
Dunaújváros, 2022

CONTENTS

OBJECTIVES	9
UNIT 1 – WHERE ARE YOU FROM?	10
READING: SAY HELLO!	10
GRAMMAR: TO BE, PRONOUNS, POSSESSIVE ADJECTIVES	10
VOCABULARY: THE ALPHABET, NUMBERS, COUNTRIES AND NATIONALITIES	13
LISTENING: PRONUNCIATION	15
SPEAKING: EVERYDAY CONVERSATIONS	16
WRITING: EVERYDAY CONVERSATIONS	17
UNIT 2 – WHO IS IN YOUR FAMILY?	18
VOCABULARY, READING AND LISTENING: THE FAMILY	18
GRAMMAR: POSSESSIVE 'S, PLURALS, ARTICLES	19
VOCABULARY AND LISTENING: NUMBERS AND PRICES	21
SPEAKING: CLASSROOM LANGUAGE	22
WRITING: FILLING A FORM	23
UNIT 3 – WHAT IS IMPORTANT?	24
VOCABULARY AND SPEAKING: WHAT'S IN YOUR BAG?	24
GRAMMAR AND LISTENING: HAVE GOT, 'S, OF-CONSTRUCTION	25
VOCABULARY AND GRAMMAR: ORDER OF ADJECTIVES	26
READING AND GRAMMAR: USING PRONOUNS	27
WRITING: A SELF-INTRODUCTION	28
UNIT 4 – WHAT IS YOUR JOB?	29
READING: WORKING OUTSIDE	29
GRAMMAR: PRESENT SIMPLE (1)	30



VOCABULARY: JOBS, PREPOSITIONS OF TIME	32
SPEAKING: TELLING THE TIME, DAILY ROUTINE	33
LISTENING: DO YOU...?	35
WRITING: A RAINCOAT IS ESSENTIAL	36
UNIT 5 – WHAT DO YOU DO IN YOUR FREE TIME?	37
VOCABULARY AND SPEAKING: NINA'S DAY	37
GRAMMAR: PRESENT SIMPLE (2)	38
READING: A DAY OFF	39
VOCABULARY, SPEAKING AND LISTENING: IN MY FREE TIME	40
VOCABULARY: PREPOSITIONS OF TIME	42
SPEAKING: SOCIAL EXPRESSIONS	43
UNIT 6 – WHERE DO YOU LIVE?	45
VOCABULARY: IN THE HOUSE	45
GRAMMAR: THERE IS/ARE, SOME/ANY, THIS/THAT/THESE/THOSE	45
READING: MY BEDROOM	47
SPEAKING: MY FAVOURITE ROOM	49
LISTENING: A PICTURE	49
WRITING: HOUSE SWAP	49
UNIT 7 – WHAT IS IT LIKE?	51
VOCABULARY AND SPEAKING: COLOURS	51
VOCABULARY AND LISTENING: CLOTHES	52
VOCABULARY: APPEARANCE AND PERSONALITY	54
READING: PHOTOGRAPHERS AND MODELS	54
WRITING: DATING ADS	55
UNIT 8 – WHAT DO YOU LIKE DOING?	57
SPEAKING: LIKES AND DISLIKES	57
VOCABULARY AND SPEAKING: ANIMALS AND HOBBIES	59
READING AND LISTENING: SUCCESSFUL EXPATRIATES	60
WRITING: I'M AN OUTSIDER	62



UNIT 9 – WHAT WOULD YOU LIKE TO EAT?	63
GRAMMAR AND LISTENING: COUNTABILITY	63
READING: ASIAN DIET	66
SPEAKING: SHOPPING DIALOGUES	67
UNIT 10 – WHAT CAN YOU DO?	69
SPEAKING: ABILITIES	69
GRAMMAR AND LISTENING: CAN/CANNOT	70
VOCABULARY: COLLOCATIONS	71
SPEAKING: CAN YOU...?	71
WRITING: A SELF-REFLECTION	72
AUDIOSCRIPTS	74
ACKNOWLEDGEMENTS	100



OBJECTIVES

The completion of present language course is intended to result in CEFR A1 language skills. The peculiarities of each skill are listed below.

- ◆ Listening. The language user can recognise familiar words and very basic phrases concerning him/her, his/her family and immediate concrete surroundings when people speak slowly and clearly.
- ◆ Reading. The language user can understand familiar names, words and very simple sentences, for example on notices and posters or in catalogues.
- ◆ Speaking (interaction). The language user can interact in a simple way provided the other person is prepared to repeat or rephrase things at a slower rate of speech and help him/her formulate what he/she is trying to say. He or she can ask and answer simple questions in areas of immediate need or on very familiar topics.
- ◆ Speaking (production). The language user can use simple phrases and sentences to describe where he/she lives and people he/she knows.
- ◆ Writing. The language user can write a short, simple postcard. He or she can fill in forms with personal details, for example entering his/her name, nationality and address on a hotel registration form.



UNIT 1 – WHERE ARE YOU FROM?

READING: SAY HELLO!

Listen to three dialogues and complete the missing words. *Audio 1*

One

Jack Hi, my name's Joe. W___ y___ n___?
 Jill Hello, Jack. I'm Jill.
 Jack N___ to m___ you, Jill.
 Jill Nice to meet you, t___.

Two

Jill Good morning, Jack. H___ a___ y___?
 Jack I'm f___, t___, Jill. And you?
 Jill I'm fine. S___ y___ I___.
 Jack See you later. Bye!

Three

Jack G___ m___, Jill.
 Jill Good *afternoon*, Jack!
 Jack What? Oh, yes, it's a___. Oops!

GRAMMAR: TO BE, PRONOUNS, POSSESSIVE ADJECTIVES

Task One. Work in pairs. Complete the conversations with am/are/is and my/your.

Listen and check. *Audio 2*

One

A Hello. ___ name's Lisa. What's ___ name?
 B Gabriel.
 A Where ___ you from, Gabriel?
 B I ___ from Brazil.
 A Ah! Where in Brazil are ___ from?
 B From Rio de Janeiro.
 A Rio de Janeiro ___ amazing! Well, nice to meet you, Gabriel.
 B Thank you. And you.



Two

A Hello. What ____ your first name?

B My name's Carla.

A And what's your ____?

B Perkins.

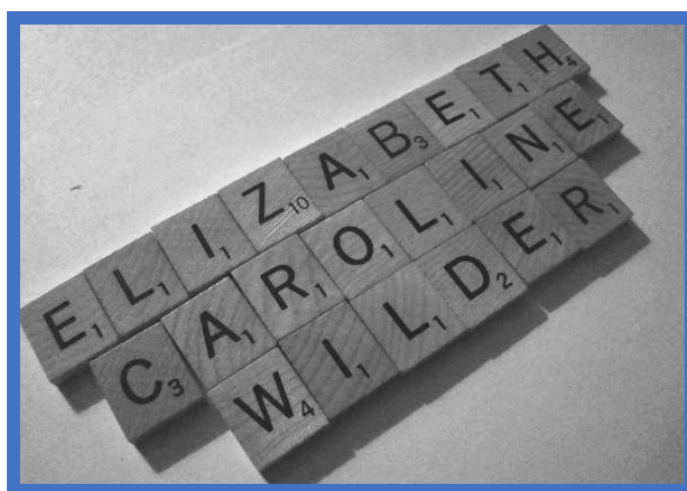
A How do you ____ that?

B P-E-R-K-I-N-S.

A And ____ are you from, Carla?

B I ____ from Oxford.

A Thank you very much.



Task Two. Look at the information about Carla and Gabriel.

Complete the questions and answers. Listen and check. *Audio 3*

Perkins
Carla

England
25
01764 29388
cperkins@mailsnet.com
no

Surname
First name

Country
Age
Phone number
Email address
Married?

Santos
Gabriel

Brazil
19
934 298 701
gsantos@mails.com
no



A What's _____ surname?

B Perkins.

A _____ her first name?

B Carla.

A Where's _____ from?

B She's from Oxford, England.

A How old _____ she?

B She's 25 years old.

A What's _____ phone number?

B 01764 29388.

A _____ email address?

B cperkins@mailsnet.com.

A _____ married?

B No, _____.

A What's _____ surname?

B Santos.

A _____ his first name?

B Gabriel.

A Where's _____ from?

B He's _____ Brazil.

A How old is _____?

B He's 19.

A What's _____ phone number?

B 934 298 701.

A _____ email address?

B gsantos@mails.com.

A _____?

B No, _____.

Now, ask your mates and write similar questions.



Task Three. Write the short forms of the verbs in italics.

1. *She is* from Hungary. _____
2. *She is not* a doctor. _____
3. *I am* Russian. _____
4. *I am not* married. _____
5. *They are* Italian. _____
6. *They are not* French. _____
7. *It is* hot. _____
8. *It is not* cold. _____

VOCABULARY: THE ALPHABET, NUMBERS, COUNTRIES AND NATIONALITIES

Task One. Do you know the English alphabet? And the numbers?Listen and repeat. Audio 4

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
Y	Z										

one	two	three	four	five	six	seven	eight	nine	ten	eleven
twelve		thirteen		fourteen		fifteen		sixteen...		

Task Two. Listen and complete the names and email addresses. Audio 5

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____
6. _____



Task Three. Can you read these text messages? Write the sentences. Work in pairs; use your dictionary if necessary.

1. How R U? _____
2. Where R U from? _____
3. R U @ school? _____
4. C U L8R! _____
5. thx/ty _____
6. brb _____

Task Four. Match the countries and flags. What are their capital cities? Collect more countries with their capitals, nationalities, languages, and currencies.

Australia
Brazil
China
Egypt
Great Britain
Greece
Hungary
Italy
Japan
Spain
Switzerland
the US



Task Five. Work in pairs. Ask and answer these questions.

1. Where are you from?
2. What's the capital of your country?
3. What's your nationality?
4. What's the language of your country?
5. What's the currency of your country?



Task Six. Form sentences using the information in the chart.

a	American	car
an	French	university
	international	city
	English	TV
	Japanese	name
	Italian	language

1. A Cadillac is _____.
2. Pierre is _____.
3. Oxford is _____.
4. English is _____.
5. Milan is _____.
6. A Sony is _____.

Task Seven. Write the opposite adjective. Use a dictionary if necessary.

easy small cold good nice expensive
young old

1. London isn't cheap. It's _____.
2. My coffee isn't hot. It's _____.
3. 'Are your shoes new?' 'No, they're _____.'
4. You aren't a bad student! You are a _____ student!
5. 'My dad is 40. He's old.' 'He isn't old! Forty is still _____!'
6. This exercise isn't difficult. It's _____.
7. Our flat is big. It's not _____.
8. The weather isn't horrible. It's _____.

LISTENING: PRONUNCIATION**Listen and underline the sentence you hear. *Audio 6***

He's from Italy.	She's from Italy.
What's his name?	What's her name?
Your English is good.	You're English. Good.
Where's she from?	Where is he from?
His teacher is from Ireland.	He's a teacher from Ireland.
You aren't British.	We aren't British.



SPEAKING: EVERYDAY CONVERSATIONS

Work in pairs. Complete the conversations. Listen and check. Audio 7

At home

bye later a good day

A _____, Dad! It's time for school.

B Goodbye, my dear. Have _____!

A Thanks. See you _____.

In a coffee bar

Good morning of course Can

C Good morning.

D _____! _____ I have a coffee, an espresso, please?

C Yes, _____. Anything else?

D No, thank you.

In a shop

just Good afternoon help

E _____! Can I _____ you?

F No, thank you. We're _____ looking.

E. That's OK.

At the workplace

Pleased to meet This is

G Adam. _____ Berta. She's from our Sidney office.

H Hello, Berta. Nice _____ you.

G Hello, Adam. _____ to meet you, too.

In the office

a good weekend Bye to you

J Finally, it's Friday! _____, Kevin.

K Bye, James. Have _____.

J Thanks. Same _____.

K See you on Monday.



At home

well See you

L Good night, darling. Sleep _____.

M Good night! _____ in the morning.

WRITING: EVERYDAY CONVERSATIONS

**Read the text and find one false ‘fact’. Complete the column for Jan and you. Write a similar text.
Read the class.**

Where I’m from

by Jan Kowalski

I’m Polish and I live in Poland. The capital city is Warsaw but I live in a town called Nowe Miasto. It’s near Warsaw. Warsaw is in France. In Poland the currency is the złoty. The main language is Polish but I speak Russian very well too. My mother’s from Russia. I also speak a little English and a little French.

	Jan	Me
Country		
Nationality		
Living place		
Capital city		
Currency		
First language		
Second language		
Other language		

UNIT 2 – WHO IS IN YOUR FAMILY?

VOCABULARY, READING AND LISTENING: THE FAMILY

Task One. Complete the chart with the words below.

mother boyfriend wife son niece
brother aunt grandmother

♂	♀
father husband	daughter sister
grandfather uncle nephew	girlfriend

Task Two. Work in pairs. Complete the sentences with the words above plus cousins, children and parents.

1. My mother's father is my _____.
2. My father's mother is my _____.
3. My mother's sister is my _____.
4. My aunt's husband is my _____.
5. My sister's son is my _____.
6. My brother's daughter is my _____.
7. Your mother and father are your _____.
8. Your son and your daughter are your _____.
9. Your aunt's children are your _____.



Task Three. Read about Rick and answer the questions.

My name's Rick Wilson, and I'm from London. I'm 20 years old, and I'm a student. I go to Kingston University. I have a brother and a sister. My brother's name is Edward. He's 16 and he's at school. My sister's name is Rosie. She's 23, and she's married. I live with my parents and my brother in a house in West London. My father, Peter, is a salesman, and my mother, Helen is a teacher. I'm not married but I have a girlfriend. Her name's Lily. She's lovely. My really like her!

1. Who is Edward?
2. Who's Rosie? Peter? Helen? Lily?
3. What's his father's job?
4. What's his mother's job?

Task Four. Listen to Joseph talking about his family. Fill the names. Audio 9

Richard Andrea
Marie Isabel

Nancy

Tom

John

Odile

Grandmother: _____
 Mother: _____
 Father: _____
 Brother: _____
 Sister: _____
 Wife: _____
 Daughter: _____
 Son: _____

GRAMMAR: POSSESSIVE 'S, PLURALS, ARTICLES**Task One. Work in pairs. Complete the information about Karen and her family. Do not forget to use the possessive 's. Listen and check. Audio 10**

Hi! My name is Karen, and I'm from Canada. This is my family. My _____ name is Alan. He is a teacher. My _____ is Celine. She is French, and she's a nurse. My _____ name is Christine, she's 21 years old, and she's a student at the university. My _____ name is Joseph. He's 17, and he's at school now. Oh, and I have a cat. My _____ name is Pico. His favourite food is fish.



Task Two. Write is if 's = is. Write P if 's = possessive.

1. My name's Karen. _____
2. My father's name is Alan. _____
3. He's a teacher. _____
4. My mother's name is Celine. _____
5. She's French. _____
6. My sister's a student. _____
7. My brother's name is Joseph. _____
8. My cat's favourite food is fish. _____

Task Three. Singular or plural? Study the examples.

Singular: a waiter a secretary a waitress a man
 Plural: two waiters two secretaries two waitresses two men

What is the rule? Discuss with your partner and fill the chart. Use a dictionary if necessary.

+s	+es	y + ies	irregular
boy – boys	church – churches	city – cities	woman – women
girl – girls	watch – watches	country – countries	man – men
place – places	address – addresses	lorry – _____	mouse – mice
page – _____	bus – _____	factory – _____	child – _____
bike – _____	glass – _____		person – _____
tree – _____	class – _____		
car – _____			
office – _____			
table – _____			
house – _____			
waiter – _____			



Task Four. Complete the grammar box about the articles with these nouns. When do we use *a* or *an* before a noun? Discuss with your partner.

teacher English teacher old man man farmer office

a before a consonant sound

a doctor

an before a vowel sound

an engineer

Task Five. Correct the text. Add *a* or *an*.

Marta and Alexander are married couple. Marta is office worker and Alexander is engineer.
Marta's grandmother is old and she's retired. Her father's taxi driver and her mother's English teacher.
Marta's children are young – Adam's six and Sylvia's eight.

VOCABULARY AND LISTENING: NUMBERS AND PRICES

Task One. Say these numbers.

1	19	21	36	45	91
94	171	215	341	499	534
617	726	852	983	1000	500,000
1,000,000					

Task Two. How do we say these numbers? Guess and listen. Audio 11

1½ 2¼ 6.8 17.5 020 7481 6490 07861 56678

Task Three. Write the numbers you hear. Audio 12

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____



Task Four. Try to say these prices.

£75 £1.50 45p \$19.99 HUF 27,000 €12

Task Five. Listen and write the prices you hear. *Audio 13*

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____
6. _____
7. _____

Task Six. Work in pairs. Collect different prices and numbers from your everyday life. Dictate the class.

SPEAKING: CLASSROOM LANGUAGE

Task One. Work in pairs. Complete the questions with one or two words.

1. _____ that in English?
2. Can you _____ that, please?
3. How do you _____ that?
4. Can you say that _____, please?
5. Can you _____ that, please?



Task Two. Now match the questions with their answers.

1. Of course. Pencil.
2. It is called whiteboard.
3. That's W-I-N-D-O-W.
4. Certainly, here it is on the screen now.
5. Phooooone.



Task Three. Put the verbs in these imperative sentences.

close listen look open read say write

1. _____ the door.
2. _____ a conversation with a partner.
3. _____ at the picture.
4. _____ the timetable.
5. _____ to the audio file.
6. _____ your books at page 20.
7. _____ name on the whiteboard.

WRITING: FILLING A FORM**Fill the hotel registration form for you. Compare your form with a partner.**

REGISTRATION SHEET	
Personal information	
Family name	First name
Date of birth	Place of birth
Address	
City	Country / Nationality
Cell phone	Email
Company/organization	
Profession	
Date of arrival	Date of departure
Payment information (please, tick)	
Visa ☐	American Express ☐
Mastercard ☐	Travel cheque ☐
Credit card number	Expiry date

Date:

Signature:



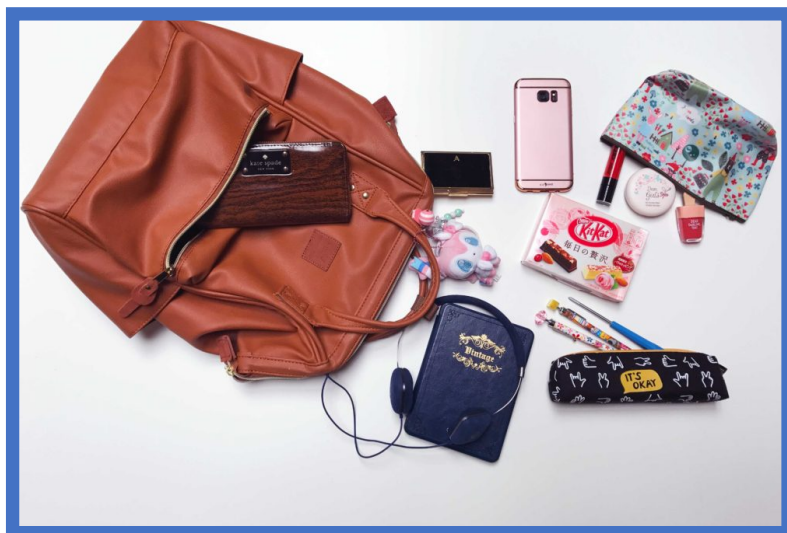
UNIT 3 – WHAT IS IMPORTANT?

VOCABULARY AND SPEAKING: WHAT'S IN YOUR BAG?

Task One. Get your bag, unpack it, and look up the name of its content. Tell the class what you have got.

E.g. *I have got my house keys and car keys, a pen, and a smartphone.*

Task Two. Look at the two photos below. What has she and he got? Use your dictionary, and then ask each other and answer the questions.



GRAMMAR AND LISTENING: HAVE GOT, 'S, OF-CONSTRUCTION

Task One. Look at the family tree and complete the sentences.

1. Mary and John have two sons, Paul and _____.
2. Susan is the daughter of _____ and _____.
3. Michael and _____ have got a sister, _____.
4. Michael is the husband of _____.
5. Susan and Michael have got a brother, _____.
6. James has got a mother, _____.
7. Lucy has got a father, _____.
8. James and Lucy have two grandparents, _____ and _____.
9. Mary and John have three children, Susan, _____ and Michael, and two grandchildren, _____ and Lucy.

Task Two. Complete the sentences with the correct forms of have got.

1. _____ you _____ some friends in other countries?
2. Well, I've _____ a pen friend in Kampala, and I _____ cousins in Jamaica.
3. What _____ your groupmate _____ in that big briefcase?
4. _____ a laptop, a notebook, my passport, and let's see, three pens and two pencils.
5. _____ she _____ plants in her bathroom?
6. No, she _____ at all in the bathroom. But _____ plants in the bedroom, and _____ lots in the kitchen.

Task Three. Ask and answer questions 1, 3, and 5 of Task Two in class.**Task Four. Listen to two speakers talking about the content of their pockets. Underline the objects they have got. *Audio 18***

Speaker One	money chewing gum	biscuits glasses	house keys handkerchiefs
Speaker Two	car keys plastic bag	hand sanitizer tissue	ID card fountain pen



Task Five. Write the following sentences using apostrophe 's.

E.g. The toys of the children are very expensive. *The children's toys are very expensive.*

- | | |
|--|-------|
| 1. The father of James is a doctor. | _____ |
| 2. The hats of those ladies are very costly. | _____ |
| 3. The coat of the boy is very dirty. | _____ |
| 4. The name of my son is Jerry. | _____ |
| 5. The parents of the girls are angry. | _____ |
| 6. Repay the love of your mother! | _____ |
| 7. The hair of this student is curly. | _____ |
| 8. The ribbons of the girls are cute. | _____ |
| 9. The neck of a giraffe is very long. | _____ |
| 10. Some people wear feathers of birds on their heads. | _____ |
| 11. The dog of Sonu is in the kennel. | _____ |
| 12. This is an email of my friend. | _____ |
| 13. The beard of my uncle is short. | _____ |
| 14. That is the house of my granny. | _____ |
| 15. The picture of an elephant is very big. | _____ |

VOCABULARY AND GRAMMAR: ORDER OF ADJECTIVES

Correct the mistakes.

E.g. a dog fat white *a fat white dog*

- | | |
|----------------------|-------|
| 1. a grey big dog | _____ |
| 2. smalls blues eyes | _____ |
| 3. blond long hair | _____ |
| 4. hair short black | _____ |
| 5. a bag green small | _____ |
| 6. olds reds cars | _____ |
| 7. a big cat black | _____ |
| 8. men tall blond | _____ |



READING AND GRAMMAR: USING PRONOUNS

Task One. Read the following text. Why is it so unnatural?

Natalie Portman – The Small Actress With A Big Name!

Natalie Portman is American and Israeli. Portman is Natalie's grandmother's name – Natalie's real name is Hershlag. Natalie's father is a doctor and Natalie's mother is an artist. Natalie lives in Los Angeles now – she likes Los Angeles because 'everyone smiles there'. Natalie works all over the world. Paris and Berlin are two of Natalie's favourite cities and Natalie loves to visit Paris and Berlin.

Natalie is married to the French dancer Benjamin Millepied. Natalie and Benjamin have two children – the children's names are Aleph and Amalia.

Natalie dances and ice-skates in her free time, and loves cooking. Natalie is a vegetarian – she doesn't want to eat animals because she loves animals so much.

Natalie has an IQ of 140. Natalie is very interested in psychology and has got a degree in psychology from Harvard University. Natalie is only 5' 3" (160 cm), but Natalie is an actress with a very big name.

Task Two. Answer the questions with a partner.

1. What is her job?
2. Who are in her family?
3. Who is Benjamin Millepied?
4. What is she interested in?
5. How tall is she?

Task Three. Study the PPT presentation on using pronouns. Complete the sentences with the correct pronouns.

1. I like my brother's new girlfriend, but _____ doesn't like _____.
2. Tom has got two sons. _____ often plays football with _____.
3. That is my dictionary! Can I have _____ back, please?
4. Mr Banks is our new teacher. We like _____ a lot.
5. Rosa and I are good students. _____ like our teacher and she likes _____.
6. Our teacher gives _____ a lot of homework.
7. Kate likes Joanna, but Maria doesn't like _____ at all.



8. Mike always buys a newspaper. _____ reads _____ on the bus.
9. Look! This is a photo of _____ with my family.
10. Sally works with Paul and Sue. _____ has lunch with _____ every day.

Task Four. Work in pairs. Rewrite the text in Task One with pronouns to make it more natural.

Listen and compare. *Audio 19*

WRITING: A SELF-INTRODUCTION

Task One. Fill the chart about you in your language.

First name and surname	
Age	
Country and language	
Home address	
Telephone	
Email	
Family	
Always with me	
Important	

Task Two. Introduce yourself in some sentences using the chart above. Use *and*, *so*, *but* and *because*. Read out your work.

[illegible]

UNIT 4 – WHAT IS YOUR JOB?

READING: WORKING OUTSIDE

Task One. Listen and read the following texts, and then complete the chart about Andrew and Claudia. *Audio23*

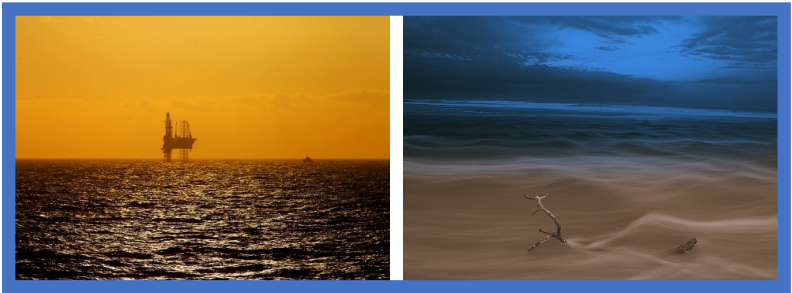
Andrew Johnson, engineer

Andrew, 30, is an engineer. He comes from New Zealand, but now he lives in Scotland. He works on an oil rig 440km from the coast of Aberdeen. He works 12 hours a day for two weeks, and then he has two weeks' holiday. He earns £200 a day. In his free time he goes to the gym and plays snooker. He isn't married.

Claudia Luke, zoologist

Claudia, 41, is American. She's a zoologist and she teaches at university. She lives in California and works with her husband, Jim, at the Research Centre in the Mojave Desert where she studies snakes and other animals. She likes working in the desert. In her free time she writes songs and walks her dog, Brewer. She earns about \$60,000 a year.

	Andrew	Claudia
surname		
age		
country		
job		
salary		
free time		
married?		



Task Two. Complete the sentences. Listen and check. Read the sentences aloud. *Audio24*

1. Andrew is an engineer. Claudia _____ a zoologist.
2. She comes from the US. He _____ from New Zealand.
3. He lives in Scotland. She _____ in California.
4. She works in the desert. He _____ on an oil rig.
5. He earns £200 a day. She _____ \$60,000 a year.
6. She likes her job, and he _____ his job, too.
7. He _____ to the gym in his free time. She _____ her dog. Her dog's name _____ Brewer.
8. She _____ married. Her husband's _____ is Jim. Andrew _____ married.

GRAMMAR: PRESENT SIMPLE (1)**Task One. Complete the sentences with the verbs in the correct form.**

1. My husband _____ (come) from Belgium.
2. My grandmother _____ (live) in the next town.
3. My mother _____ (love) reading.
4. My father _____ (travel) a lot in his job.
5. My sister _____ (speak) Spanish very well. She _____ (want) to learn French, too.
6. My little brother _____ (watch) TV a lot.
7. My friend Tom _____ (write) a blog on the internet.

Now match a question to the sentence to continue the conversations.

- a. Does she want to be an interpreter?
- b. Where exactly in Belgium?
- c. Does she visit you often?
- d. What does he write about?
- e. What does she read?
- f. Where does he go?
- g. What does he like watching?



Task Two. Match the questions and answers, then complete the answers.

1. Where does he buy his shirts?
2. Where does she buy her blouses?
3. Where do they buy their trousers?
4. Where do you buy your jackets?

5. Where do your friends buy their skirts?
6. How often do you buy flowers?
7. How often does Mary give roses?
8. How often does Paolo receive books?
9. How often do they buy chocolates?
10. How often does your teacher sing songs?

- a. They never _____ chocolates.
- b. Well, Maria and Dara _____ theirs skirts at the market.
- c. He _____ them from a department store.
- d. Oh, she always _____ at the end of the class.
- e. She _____ her mother roses once a year.
- f. She _____ them from the market.
- g. He _____ books once a month, by post.
- h. I _____ them from a shop in the town centre.
- i. I never _____ flowers.
- j. They _____ them from Luigi's.

Task Three. Here are ten jumbled sentences. Correct them with a partner.

On Sunday mornings...

- | | |
|---------------------------|--------------------|
| 1. I make the windows. | I make _____. |
| 2. I kiss my room. | I kiss _____. |
| 3. I feed the radio. | I feed _____. |
| 4. I eat the bed. | I eat _____. |
| 5. I smoke the children. | I smoke _____. |
| 6. I listen to breakfast. | I listen to _____. |
| 7. I wash the TV. | I wash _____. |
| 8. I tidy the cat. | I tidy _____. |
| 9. I clean a cigarette. | I clean _____. |
| 10. I watch my clothes. | I watch _____. |



VOCABULARY: JOBS, PREPOSITIONS OF TIME

Task One. Complete the sentences with the jobs below.

architect	dentist	taxi driver
nurse	receptionist	journalist
pilot	lawyer	accountant
hairdresser		

1. She's a _____. She cuts hair.
2. He's a _____. He flies from Heathrow airport.
3. She's a _____. She works in a hotel.
4. He's an _____. He designs buildings.
5. She's a _____. She works for a family law firm.
6. He's a _____. He knows all the streets of London.
7. She's a _____. She writes news stories.
8. He's a _____. He looks after people's teeth.
9. She's a _____. She works in the City Hospital.
10. He's an _____. He likes working with money.

Task Two. Study the grammar chart below.

at + time	on + day	no preposition
at five thirty (5.30)	on Wednesday	tomorrow morning
at ten to ten (10.10)	on Friday morning	this evening

Now, complete the phrases and the dialogue with *at*, *on* or *—*.

1. _____ Tuesday
2. _____ six o'clock
3. _____ 9.50
4. _____ this morning
5. _____ today
6. _____ Monday



- When's *Who Wants to Be a Millionaire* on TV?
 — It's _____ Friday _____ seven o'clock.
 — And when's the tennis?
 — _____ this evening.
 — And what time is the football?
 — It's _____ 9.30 _____ Thursday.

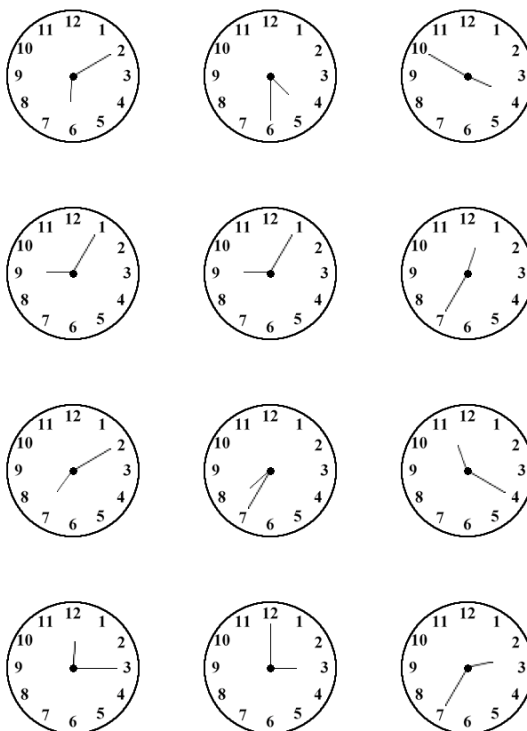
SPEAKING: TELLING THE TIME, DAILY ROUTINE

Task One. Look at this example and the PPT presentation. How do you tell the time?

*The flight to Bucharest is at 8.45.
 That's quarter to nine in the morning.*

RO871 Bucharest	08.45
AA007 New York	09.15
BA671 Delhi	10.35
AC081 Vancouver Toronto	11.20
THY34 Istanbul	14.20
LH67 Berlin	16.25
JAL223 Tokyo	18.15
AFL498 Moscow	19.40

Task Two. Look at the clocks. Write the times. Listen and check. Say them aloud. Audio25



Task Three. What do these words mean?

It's *nearly* four o'clock.

It's *just after* six o'clock.

It's *about* quarter to two.

Work with a partner. Try to complete the conversations. Listen and fill the missing lines. Act out in class. Audio26

— Excuse me. Can you tell me the _____, please?

— Yes, of course. It's _____ after _____ o'clock.

— Thank you _____ much.

— _____ me. Can you _____ me the time, please?

— I'm _____. I don't have a watch and my phone is off.

— Never mind.

— Excuse me. What time does the bus leave?

— At _____ ten.

— Thank you. What time is it _____?

— It's _____ five past.

— Five past ten?!

— No, no, five past _____. You're OK. No need to hurry.

— When does this lesson _____?

— At four _____.

— Oh dear! It's only _____ past three!

Task Four. Choose a day in an ordinary week. Read the expressions below, and add a few more to the list. Put them into chronological order to show when you do these things.

go to bed	go for a walk	have lunch	leave the house
watch Netflix	go shopping	have breakfast	get dressed
read the news	have a shower	tidy up the room	go to work
listen to music	...		



Now, write another timeline for these days:

- a holiday
- another person's day
- a perfect day

LISTENING: DO YOU...?

Listen to six people answering questions. Choose the right option. *Audio27*

1. Alex reads travel books. / Alex doesn't read travel books.
2. Bridget never shouts at other people. / Bridget shouts at other people.
3. Joan gets up early on Sundays. / Joan doesn't get up early on Sundays.
4. Rod never spends very much on holidays. / Rod probably spends quite a lot.
5. Nick doesn't tidy his flat every day. / Nick usually tidies his flat every day.
6. Ned doesn't eat fast food. / Ned eats fast food.

Listen again to their answers when the interviewer asks *Why?* or *Why not?*, match the speakers and the reasons.

- | | |
|------------|--|
| 1. Alex | because he's lazy |
| 2. Bridget | because she's a very bad-tempered, horrible person |
| 3. Joan | because it's the only chance to laze about |
| 4. Rod | because she likes travelling to other countries |
| 5. Nick | because he goes skiing, and that's expensive |
| 6. Ned | _____ |

WRITING: A RAINCOAT IS ESSENTIAL

Read these two paragraphs about essential clothes in two different countries.

Visiting Ireland in the summer? Bring light clothes for the sunny days of course, but don't forget your sweater and a hat and coat or jacket for rainy days. In Ireland, a raincoat is essential in summer or winter, because there's a lot of rain. A sweater is essential too, because it's often cold. And strong shoes are good for the country.

In California, a hat is essential in summer, because it's so sunny. It's good to have loose clothing because of the heat. People wear shorts and light clothes even in cities. In some parts, the evenings are cool and a light jacket or sweater is a good thing to have.



Write a paragraph about your country.

In _____ (your country) _____ (and _____) is/are essential (in the summer/winter) because _____. It's good to have _____ because.



UNIT 5 – WHAT DO YOU DO IN YOUR FREE TIME?

VOCABULARY AND SPEAKING: NINA'S DAY

Revise how to express daily routine. Complete the text about Nina's day with a verb in the correct form.

get up	have breakfast	have lunch	get home
start work	finish work	go to work	have a shower
watch TV	get dressed	have dinner	go to bed

Nina _____ at 7.00. Then she _____ and washes her hair. After the shower, she _____. Then she goes into the kitchen and _____. She likes tea and toast.

She _____ by train. She works in a clothes shop. She _____ at 9.00.

At 1.00 she _____ in a café with her friend, Sal. She _____ at 5.30 and _____ at 6.15. In the evening, she _____ and _____. She prefers HBO Go.

She _____ at 11.00.

Think about the first hours of your day. Tick what you do. Tell the class.

get up quickly	have a good breakfast	sing in the bathroom
get dressed quickly	talk to people	start work quickly
wake up slowly	skip breakfast	lie in bed and think/scroll
listen to podcasts	don't talk to people	start work slowly



GRAMMAR: PRESENT SIMPLE (2)

Task One. Use the question words in the box to complete the questions. Match the questions and answers. Listen and check. *Audio30*

Who How What time Do Where
When Why What

Questions	Answers
_____ do you get up?	My mother and brothers.
_____ do you go on holidays?	To Turkey or Egypt.
_____ do you do on Sundays?	When I get home.
_____ do you do your homework?	At about 7 o'clock on weekdays.
_____ do you live with?	I always relax.
_____ do you like your job?	Usually by bus.
_____ do you travel to school?	Yes, I do sometimes.
_____ you go out on Friday evenings?	Because it's interesting.

Now, ask and answer the questions with a partner.

Task Two. Work in pairs. Make the sentences opposite.

1. She is French.
2. I don't like cooking.
3. She doesn't speak Spanish.
4. They want to learn English.
5. We're tired and we want to go to bed.
6. Roberto likes watching football on TV, but he doesn't like playing it.
7. I work from home office because I have a laptop.
8. Amelia isn't happy because she doesn't have a new car.
9. I smoke and drink, and I don't go to bed early.
10. He doesn't smoke, he doesn't drink, and he goes to bed early.



Task Three. Write the sentences with the adverbs in brackets. Listen and check. *Audio31*

- | | |
|---|-------|
| 1. Clara drives to work. (always) | _____ |
| 2. He arrives early for work. (not often) | _____ |
| 3. She reads the newspaper. (often) | _____ |
| 4. I'm late for my coffee break. (never) | _____ |
| 5. We write letters. (sometimes) | _____ |
| 6. Sam has lunch for two hours. (often) | _____ |
| 7. My friend listens to the boss. (not usually) | _____ |
| 8. The students look at the clock. (always) | _____ |
| 9. I'm the first to leave work. (always) | _____ |

READING: A DAY OFF

Read the following texts and decide if the sentences below are true to Olivia or Joao or both.

Olivia

Well, I don't have a lot of free time. One of the first things I do at the weekend is buy a newspaper, find a café somewhere, and sit and read all the news. That relaxes me a lot. I always go for a walk, too – I need some fresh air after a week in the office, you know! And then sometimes, if I feel really active, I get my bicycle out and ride, maybe round the park, maybe in the countryside. Anything to change the routine, really. In the afternoon, I go and watch the football. After the match, I go out with my friends for a drink, usually to one of the pubs in town. And then at night we go to a disco. I love dancing. I love the music. Then on Sunday I've got another 24 hours to relax more!

Joao

I'm from Portugal. Every summer I spend two months picking grapes on a farm in France. The days are really long and tiring; from six in the morning to six in the evening, but we have two hours for lunch. We also have half an hour for breakfast at eight o'clock in the morning, and we don't work on Sundays. Sunday is our day off, and we usually play Latin music or go for a walk in the nearby villages. Of course, we don't watch TV or play sports. On our last day off, we have a party and say goodbye until the next year!



1. work during vacation _____
2. do something different _____
3. music plays a part in free time _____
4. do some sports _____
5. long breakfast time _____
6. being offline _____
7. short lunch break _____
8. outdoor activities _____

VOCABULARY, SPEAKING AND LISTENING: IN MY FREE TIME

Task One. Read and complete the questionnaire about you. Ask your teacher and two other students to complete the questionnaire about them. Discuss in small groups.

In your free time do you...?

	Me	Teacher	Student 1	Student 2
play golf				
go to the cinema				
listen to music				
swim				
watch films or TV				
go to the gym				
windsurf				
play computer games				
cook				
play tennis				
play cards				
do the crosswords				
ski				
dance				
sail				
run				
read				
cycle				



Task Two. Listen to five people. What do they like doing in their free time? When exactly? Complete the chart. *Audio32*

Who?	What?	When?
Andy		
Roger		
Linda		
Ben & Josh		
Sandra & Brian		

Task Three. Ask and answer these questions with a partner. Use a dictionary if necessary.

1. What season is it now? Name the other seasons.
2. What month is it now? Say all the months.
3. Which month are the different seasons?
4. What are the days of the week? Say them.

Task Four. Listen to three speakers talking about their favourite seasons. Answer the questions. *Audio33*

1. Where does Donna often go? _____
2. Who does Donna go sailing with? _____
3. Where do they spend Christmas Day? _____
4. Where is Bjorn from? _____
5. What months are in the winter season? _____
6. What does he love doing in spring? _____
7. How many seasons are there in Thailand? _____
8. When is the flower festival? _____
9. What do Aaron and her friends do at the flower festival? _____



VOCABULARY: PREPOSITIONS OF TIME

Task One. Complete the grammar box with more examples.

at a time...

at half past three

in a month...

in June

on a date...

on March 19th

other...

at the weekend

at the end of August

at night

a part of the day...

in the morning

a day...

on Tuesday (morning)

Now, complete with *at*, *in*, or *on*.

1. _____ February 14th
2. _____ March
3. _____ Friday
4. _____ the end of May
5. _____ July 4th
6. _____ the afternoon
7. _____ half past six
8. _____ January 1st
9. _____ Friday morning
10. _____ December 31st

Task Two. Work with a partner. Ask and answer the questions.

1. When is New Year's Day?
2. When is New Year's Eve?
3. When is Valentine's Day?
4. When's Mother's Day in Britain?
5. When is International Women's Day?
6. When's American Independence Day?
7. When is Labour Day?
8. What's the date today?
9. When is Mother's Day in your country?



Task Three. Complete the sentences with the prepositions below.

to from by of on in with at for

1. I come _____ Italy.
2. I go _____ work _____ bus.
3. I live _____ my parents _____ an apartment.
4. I like going _____ a walk _____ the park.
5. This is a photo _____ me _____ holiday _____ Spain.
6. My sister is married _____ an American.
7. I have a present _____ you.
8. I'm always happy _____ Friday.
9. I see my friends _____ 8.00 _____ Saturday evening.
10. We go skiing _____ winter.

SPEAKING: SOCIAL EXPRESSIONS**Task One. Complete the conversations with an adjective below.**

happy tired bored interesting hungry
delicious thirsty busy

1. 'I'm _____. 'Go to bed, then!'
2. 'Mmmm! This cake is _____. 'Have another slice.'
3. 'I'm _____. 'Have a drink of water, then.'
4. 'This TV programme is really _____. 'Yes, I like it too.'
5. 'I'm so _____! I passed my exam!' 'Well done!'
6. 'I'm _____. 'Have a sandwich, then.'
7. 'Can you help me with my homework?' 'Sorry, I'm too _____ at the moment.'
8. 'I'm _____. 'Go for a walk. It's a lovely day.'



Task Two. Match a line in A with a line in B. Practice the conversations.

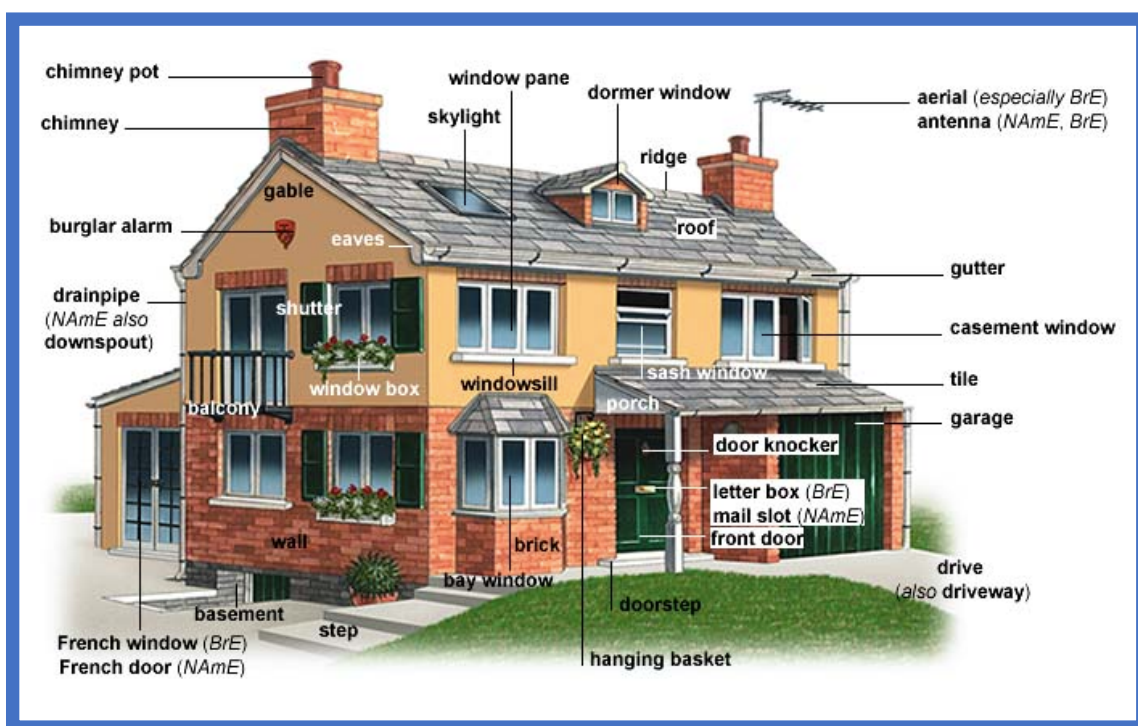
A	B
Have a nice day!	I have a headache.
I'm sorry I'm late.	Thanks. Same to you.
What's the matter?	Thanks! It's new!
Can I have a sandwich, please?	That's okay, the traffic is awful today.
What does 'hungry' mean?	Of course. Brown or white bread?
Can you help me?	It means you want to eat.
I like your dress!	Sure! What's the problem?
How was your day?	Good, thanks. What about yours?



UNIT 6 – WHERE DO YOU LIVE?

VOCABULARY: IN THE HOUSE

Work with a partner. Look at the graphics of a house. How do you say these parts in your language? What do “BrE” and “NAme” abbreviate?



Make a list of the rooms and important objects of your flat or house. Consult with a dictionary and share your glossary in class.

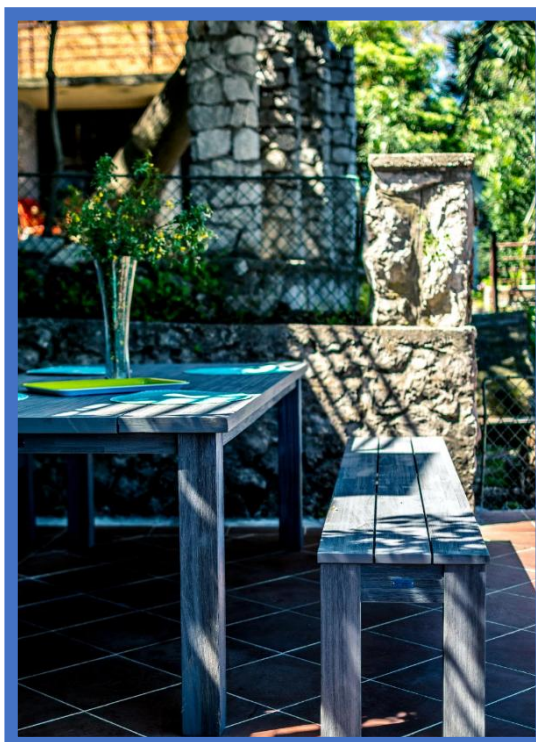
GRAMMAR: THERE IS/ARE, SOME/ANY, THIS/THAT/THESE/THOSE

Task One. Read the text of an advert for a holiday home in Croatia. Complete the sentences below with *There is/isn't* or *There are/aren't*.

Apartments Maestral and Levant provide a peaceful, air-conditioned, modern-furnished accommodation with terrace and barbecue.



- ◆ 4 persons in 1 room (Maestral), 6 persons in 2 rooms (Levant)
- ◆ free WiFi access and flat-screen (no sat) TV
- ◆ kitchen with oven, fridge, dishwasher, dining area
- ◆ shower, washing machine and hairdryer
- ◆ 5 min walk from the centre, the nearest beach is 800m away, Pula Airport is 13km away
- ◆ parking for two cars (no garage)
- ◆ pets are allowed



1. _____ minimum one bedroom in the apartments.
2. _____ is a dining room.
3. _____ an open fire in the living room
4. _____ a TV with satellite programs.
5. _____ a hairdryer in the bathroom.
6. _____ a garage.
7. _____ parking for two cars.
8. _____ a beach nearby.
9. _____ WiFi available.
10. _____ an oven in the kitchen.

Task Two. Complete the sentences with some, any, or a. Listen and check. Audio36

1. I have _____ dictionary and _____ books on my table.
2. There aren't _____ Chinese students in our class.
3. Do we have _____ homework tonight?
4. I need _____ help with this exercise.
5. Is there _____ test this week?
6. There are _____ difficult exercises in this booklet, but we have _____ very good teacher.



Task Three. Work in pairs. Correct the mistakes.

1. Do you have some dictionary? _____
2. Here are any photos of my children. _____
3. I have a lot books. _____
4. I don't have some money. _____
5. Look at these people over there. _____
6. Pete, this is Dave. Dave, that is Pete. _____

Task Four. Complete the sentences below with demonstratives this/that/these/those. Listen and check. *Audio37*

1. _____ is a map. It's here.
2. _____ is a dog. It's there.
3. _____ are my glasses. They are in my hands.
4. _____ are my friends. They are outside the house.
5. 'What is _____?' 'This is a blue gel pen.'
6. 'What are _____?' 'These are course books.'
7. 'What is that?' '_____ a flag.'
8. 'What are those?' '_____ are carrots.'
9. 'How much _____ lamp, please?' 'It's €45.'
10. I love _____ towels! They are fabulous!

READING: MY BEDROOM**Task One. What have you got in your bedroom? Use the list below and tell it to your partner. Add more furniture if it is necessary.**

a bed	a bookcase	a chair	a carpet	a wardrobe
an armchair	some cushions	some posters	a cupboard	a side table
a television	some photographs	a desk	a lamp	a phone charger
a windows	...			



Task Two. Here are three descriptions of bedrooms. Listen and read the descriptions and in pairs draw the plan of the bedrooms. Audio38

Sema

My room is at the end of the corridor. On my door there is a small bell. My room's got a big bed, with a nice yellow bedspread. My bed is in front of the window. When you look out of the window, you can see the garden of our house and the primary school of Oyak.

Next to the bed there is a small table. On the table, there is a lamp. There is a chair behind the table. On the wall near the door I've got photographs of my family and friends. There are also photos of children because I love children.

Near the table there is a cupboard, for my clothes. Behind the door is a bookcase. But there are no books! On the shelves, I've got some plants, a small clock and a Bluetooth speaker.

The room is small but comfortable. I feel relaxed in my room.

Julio

Opposite the door, there are four cupboards along the wall. Then, on the right, against the wall, I've got a working desk with three shelves above it, full of books and my turntable with old records. I collect them.

On the left, there is my classical guitar hanging on the wall, next to the bed. I've got a flat TV, too, on the wall, above a cupboard. On the opposite wall there is a window and a bookcase.

There is a side table beside my bed. There is a small lamp on the table. The walls everywhere have got a lot of picture and posters.

Michaela

My room is small, but lovely. The carpet on the floor is very colourful. On the right, I've got my Bluetooth speaker and on the left, my wardrobe. Next to the speaker there is a table and then some bookshelves. The table has got a lamp on it. On the left, beside the wardrobe, I've got my bed with cushions on it. Next to the bed there is a small armchair with cushions, too. I've got a vase of flowers on the bedside table which is between the armchair and the wardrobe.

The walls are white and covered with posters. I haven't got a dressing table, only a mirror on the wall. The curtains at the window are colourful – they match the carpet.

My favourite thing is the balcony, which is lovely on long, hot summer nights.



SPEAKING: MY FAVOURITE ROOM

Task One. Choose your favourite room in your house: the kitchen, the bedroom, the sitting room, the bathroom, etc. What have you got in the room? Make a list of things, group them by old or new, small or big. Use a dictionary if you need help.

Task Two. Make a plan or a photo of your favourite room. Show what is in it. Tell the class.

E.g. *My favourite room is the... It's got... There is/are... They are...*

LISTENING: A PICTURE

Task One. Check the meaning of these words.

quite

fireguard

rug

ornaments

Task Two. Listen to a picture description. Try to draw the picture with your partner. *Audio39*

WRITING: HOUSE SWAP

Task One. Read the advertisement for a house swap.

SWAP HOUSES? Our house is free in January. It's next to the beach in Westport. Sleeps 6. All modern conveniences. Write to: Sumi & Barry De Millo, demillohous@mail.nz

Task Two. Here is an email asking Suni and Barry some questions about their house. Complete gaps and add three questions.

Dear Suni and Barry,

Your house next to the beach sounds great! Can I ask a few questions about it?

How big is the kitchen? Is there a microwave oven and a dishwasher? How many bedrooms has it got?
How many _____? Is there a _____ for the car? We would also need
WiFi and _____.

_____?

_____?

_____?



I'm sorry to ask so many questions! I hope to hear from you soon.

Bye for now,

Task Three. Suni and Barry write and give you some information about their house. They also ask questions about your house or flat. Write an email of reply. Start like this.

Dear Suni and Barry,

Thank you for your email and all the answers about your house. Here is some information about my house to help you...



UNIT 7 – WHAT IS IT LIKE?

VOCABULARY AND SPEAKING: COLOURS

Task One. Work in pairs. What colours are there in the picture? What do you miss? Use a dictionary if necessary.



Task Two. In pairs ask and answer the questions.

1. What is your favourite colour?
2. Do you have a colour that you hate? If so, what is it? Why do you hate it?
3. How does red/green/blue/... make you feel?
4. What colours are in your national flag?
5. What colour is money in your country?
6. What colour are the furniture in your house or flat?
7. What colour are the things in your house or flat?
8. What's the difference between 'color' and 'colour'?

VOCABULARY AND LISTENING: CLOTHES

Task One. What are these clothes in the pictures? Say it to your partner.



Task Two. With your partner try collect...

- clothes for women and men, and
- clothes for winter and summer.



Fashion Questionnaire

- Task Four. Listen to two people answering the questions of Task Three. What are their answers?**

Speaker One

- Speaker Two

1. What colours are fashionable in your country this year? _____
2. At work, do people prefer
 - a. comfortable clothes?
 - b. fashionable clothes?
 - c. comfortable clothes?
3. On holiday, do people prefer
 - a. comfortable clothes?
 - b. fashionable clothes?
 - c. comfortable clothes?
4. Are suits in your country
 - a. fashionable?
 - b. conventional?
5. Do men and women in your country prefer
 - a. fashionable shoes?
 - b. comfortable shoes?



Task Five. Complete the sentences with a noun below. Listen and check. *Audio44*

silk wool cotton polyester leather nylon

1. My jackets are made in Japan. They're made of _____.
2. Your blouses are made in Brazil. They're made of _____.
3. His ties are made in Thailand. They're made of _____.
4. Her skirts are made in Scotland. They're made of _____.
5. Our raincoats are made in Romania. They're made of _____.
6. Their shirts are made in Sri Lanka. They're made of _____.

VOCABULARY: APPEARANCE AND PERSONALITY**Interview your mates using the questions below. Then tell the class what you know.**

- Is your forehead... wide? narrow? high?
 Are your ears... small? large? long?
 Is your nose... long and thin? short? wide?
 Is your mouth... wide? small? thin?
 Is your hair... straight? thick? curly?
 Are your eyes... small? large?
 Are your cheeks... round? thin?
 Is your chin... round? square? long?
- Are you... confident? serious? artistic? ambitious? lively? shy? kind?

READING: PHOTOGRAPHERS AND MODELS**Task One. Read the seven sentences below. What do you think of them? Do you agree (A) or disagree (D)? What do you think is important in appearance for a fashion photographer?**

1. Photographers choose models who are like little girls.
2. Photographers choose models who are a bit similar to them.
3. Photographers photograph their models in situations that are similar to the situations in their own life.
4. Photographers like working with beautiful models – intelligence is not important.
5. Photographers like models with a lot of personality.
6. Photographers are not friends with their models.
7. An appearance that shows emotions is important for photographers.



Task Two. Listen and read this article about fashion photographers. *Audio45***Photographers & models**

Many of the world's famous fashion photographers now are women. 'The woman I photograph is definitely a woman, not a little girl,' says Andrea Blanche. 'I guess I choose a woman who is a little bit like me. I get a lot of the situations I photograph my model in from my life. I like working with a woman who is intelligent, lively, and just beautiful to look at. A woman with lots of personality.' Her make-up artist watches the photographer working and says, 'She is friends with her models, they talk a lot, and that is definitely an advantage in the photos.'

Sheila Metzner, an art director who takes photographs of the country as well as fashion, is a bit different. With a striking face, and a lot of long grey/black hair all around it, she has a mysterious beauty. 'The model I work with has an appearance that speaks, that shows emotion. I like intelligence. But I don't mean just models. I look at women on the street corner, perhaps a woman who is eighty years old. I look for beautiful, strong women. I study them. Photography is a way of studying people.'

But photographers grow old, too. Is it easy to photograph young, beautiful models every morning? 'It's not easy,' Andrea Blanche says. I look in a mirror and I see my face getting older. That's why I work a bit every day on my book.' What book? 'A book about men.'

Look again at the seven sentences in Task One. What are the answers in the article? Discuss with your partner.

WRITING: DATING ADS

Task One. These are personal advertisements from papers in Australia, England, America and Japan. Read the ads. Are any of them unusual? Tell your partner.

Young American man, 22, lively, artistic, seeks Japanese girl for friendship. Send photo and description.

Family seeks young, confident girl to help with two lively children, Jeremy, 5, and Emma, 2 ½. Non-smoker, interested in travel and an outdoor life.

Very long-haired guy, 37, 5'8", very thin, friendly, confident, smoker. Interested in parties, rock music. Has a home with two cats, looking for interesting woman.

Man, 64, and woman, 43, plan October trip to Borneo, Brunei, Kuala Lumpur, Malaysia, Bangkok, Thailand and Hong Kong. Are there friendly people in those place to meet for coffee/tea and good conversation?



Task Two. Are these statements true (T) or false (F)?

1. There are two men under forty.
2. A family has two cats.
3. A man and a woman plan to go to Asia at the beginning of the year.
4. The children and the young American man are lively.
5. A Japanese girl seeks friendship.
6. The man with long hair is a non-smoker.
7. Two people ask for photos.

Task Three. Answer one of the ads for a friend or for yourself. Fill in the missing information.

Dear _____,

In reply to your ad in the _____, here is some information about _____
(me/my friend). I am (He/She is) _____ years old, with _____
hair and _____ eyes. I am (He/She is) _____. I am (He/She is) a
smoker/non-smoker. I'm (He/She is) interested in _____, _____,
_____.

Waiting for your reply.

Sincerely,



UNIT 8 – WHAT DO YOU LIKE DOING?

SPEAKING: LIKES AND DISLIKES

Task One. Think about your village, town or city. Which of these things do you like about it? Add more things to the list. Tell to your partner.

markets	cinemas	street life	river and bridges	shops
parks	restaurants	people	my house or flat	lifestyle
...				

E.g. *What do you like about this town? – I like the open-air market and the small streets.*
What about you?

Try to use the following ones:

It's / They're not bad.
 It's / They're OK.
 I quite like it/them.
 I like it/them.
 I love it/them.

Now think of the things you don't like about your village, town or city. Use a dictionary and add to the list. Tell to your partner.

pollution	crowds	tourists	traffic	noise	prices
heat	cold	local law	services	...	

E.g. *What don't you like about this city? – There's too much traffic. I don't like the noise and the air pollution is terrible.*

Try to use the following ones:

I don't like it/them.
 I hate it/them.
 I really hate it/them.
 It's / They're terrible.



Task Two. Work as a group. Discuss the following questions.

- What do / don't you like about the English?
- What do you especially admire?
- What do you think of their sense of humour?

Now, listen to a short interview with Lisa Bergman, a Swedish journalist living in England. Complete the list below. *Audio48*

What she likes: _____

What she doesn't like: _____

Task Three. Study the examples. What is the rule?

I like the parks and the people.

I don't like the traffic and the crowds.

I like walking in the parks.

I don't like driving in the traffic.

I like speaking to the people.

I don't like walking in the crowds.

Here are three descriptions about people doing three jobs. Work in pairs and guess what the professions are.

1. They like helping people but they don't really like working at night.
2. They like talking to people and answering questions, but they don't like adding up prices.
3. They like travelling and serving drinks, but they hate pushing the trolleys.

Write sentences about what people like doing in the following jobs.

politicians

parents

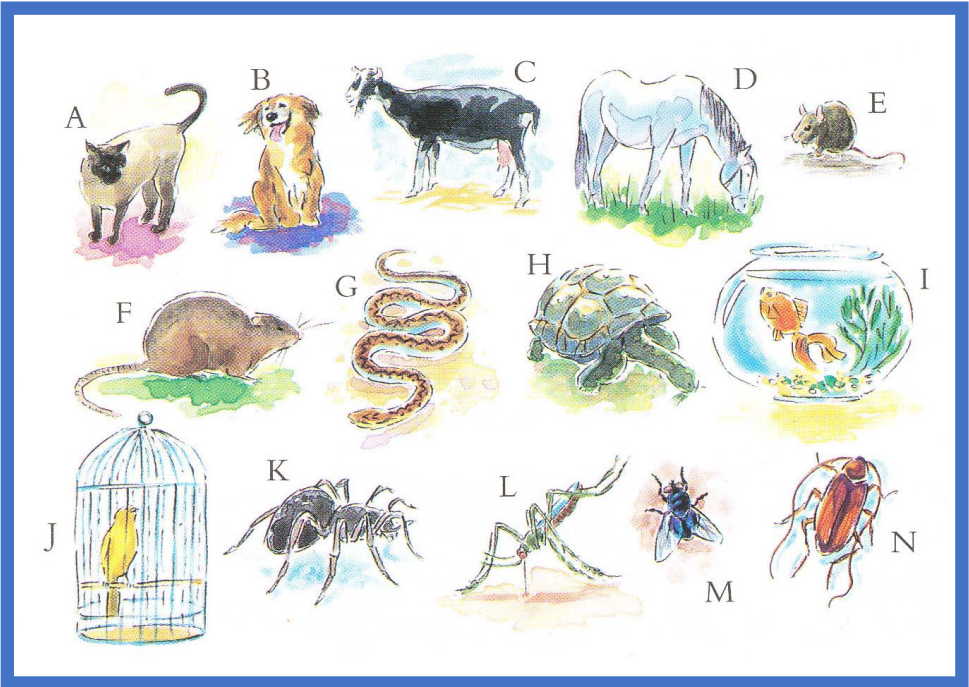
English teachers tour guides



VOCABULARY AND SPEAKING: ANIMALS AND HOBBIES

Task One. Match the nouns and the drawings. Add more to the list.

- goat
- spider
- goldfish
- snakecat
- cockroach
- canary
- fly
- tortoise
- dog
- horse
- rat
- mouse
- mosquito



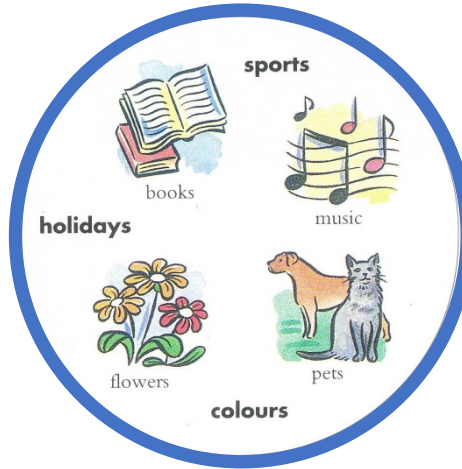
Ask your mates in class and complete the charts below.

	Me	A student in the classroom	One of my friends	A member of my family
I love...				
I quite like...				
I don't like...				
I really hate...				

Make sentences using the chart. Try to explain them.

Task Two. Look at the topic circle. Choose one topic and talk to a partner.

- What sort of _____ do you like?
 - What do you like about it/them?
 - What don't you like about _____?
 - Why do you like _____?
 - Why don't you like _____?
 - Do you like _____-ing?
- What is hard about it? What is easy?



Build up a vocabulary list for the topics. Use some vocabulary from your conversations.

E.g. *sports: tennis, hockey, baseball, basketball, ...*

READING AND LISTENING: SUCCESSFUL EXPATRIATES

Expatriates are people who go to live in another country for a few years or more, often with their families. Sometimes they work for an international company. Successful expatriates are people who can live happily in a new country.

Task One. Before you read complete the sentence to show your opinion. Compare your ideas in class.

I think that successful expatriates are _____, they like _____ and love _____.

Listen and read an article about successful expatriates. Complete the sentence and compare.

Audio49

The text says that successful expatriates are _____, they like _____ and love _____.



Successful expatriate wives

People say that successful expatriates are those who get a lot of pleasure from living in a different culture. They love travel for itself; they are curious, they love new experiences; they love trying new and exotic foods; they like meeting new people; they read a lot about the country; they are adventurous and they have a direct interest in the new culture. These people generally have a cheerful and positive nature; they are enthusiastic and they seem to be exceptionally healthy.

Successful expatriate wives love travelling. They have a long history of travelling, even before their husband's job in the new country. One of these successful wives said: 'I just love people. I travel all the time; I went to Finland when I was only five years old. This increased my interest in travelling. Now I just want to go on travelling.'

This type of wife makes a successful expatriate wife. She gives her family the idea that living in a new culture is joy. She supports her husband in his work and she helps her family to settle in easily. This type of wife often turns out to be happy 'cosmopolitan' – someone who is at home in all parts of the world.

Task Two. Listen to two interviews with people from other countries now living in England. Gertrude is a German woman, Jean-Pierre come from France. Complete the information in the chart.

Audio50

	Gertrude	Jean-Pierre
Do they like living in England?	Yes	
What do they like about living in a different culture?		
Are they cheerful?		
Do they love travel?		
Do they love trying new foods?		Yes
Do they read about the new country?		

Write the answers to these questions.

1. What qualities make Gertrude and Jean-Pierre successful expatriates? _____
2. They are different in one way from the 'successful expatriates' described in the article. What is that difference?



WRITING: I'M AN OUTSIDER

You are an outsider here in Hungary. Collect your ideas with a partner and write a composition about what you like and dislike:

- the town or city where you live in Hungary
- the flat or house where you stay
- the people in Hungary
- the cuisine in Hungary
- the possible free time activities in Hungary



UNIT 9 – WHAT WOULD YOU LIKE TO EAT?

GRAMMAR AND LISTENING: COUNTABILITY

Task One. Work in pairs. Make a list of foods and drinks what you like having for breakfast. Use a dictionary if necessary.



Task Two. Look at the list under and compare it with your lists.

apple	sugar	rice	water	milk	spaghetti
banana	wine	cheese	bean	pea	grape
noodles	chocolate	toast	cake	biscuit	cereal
butter	lamp	beef	yoghurt	fruit juice	bread
soup	orange				

Some nouns are countable, some nouns are uncountable (they are not counted). Put the nouns above under these two headings.



Task Three. Look at these examples.

1. a banana (countable): I'd like a banana, please. / Can I have four bananas, please?
2. rice (uncountable): I'd like some rice, please. / Can I have a bowl of rice, please?

How can you count uncountable nouns? Put the nouns of your list into the right containers for your country.

1. packets: _____
2. cartons: _____
3. boxes: _____
4. tins: _____
5. bottles: _____
6. bags: _____

Listen and compare your answers with the speaker'. What food comes in these containers?

Audio54

In America:

1. in plastic bags: _____
2. in paper cartons: _____
3. in cellophane: _____

In Malaysia:

1. in your own bag: _____
2. in bottles: _____
3. in packets: _____
4. in boxes: _____

In Northern Ireland:

1. in cartons: _____
2. in bottles: _____
3. in tins: _____
4. in a packet: _____
5. in a paper bag: _____



Task Four. These sentences have all got some mistakes. How many foods can you add from to make correct sentences?

1. I'd like a kilo of milk, please. _____
2. I'd like a tin of wine. _____
3. I'd like a bottle of eggs. _____
4. I'd like a litre of tomatoes. _____
5. I'd like a box of fish, please. _____
6. I'd like half a kilo of mineral water. _____
7. I'd like half a litre of chocolates. _____

Task Five. Duncan and Nick want to cook cottage pie for their girlfriends. Look at the recipe. What do they need? Complete their conversation with some/any and much/many. Then Listen and check. Audio55

Cottage Pie

Ingredients:

2 medium onions, chopped
 500g minced beef
 10 ml oil
 2 medium carrots, chopped
 400 g tomatoes
 1 tbsp thyme
 salt and black pepper

Topping:

4 large potatoes
 50 g butter
 100 g Cheddar cheese
 15 ml milk



- N This recipe for cottage pie looks easy.
 D But we can't cook at all!
 N Don't worry. I really like cooking. Now, vegetable – do we have _____ onions?
 Are there _____ carrots or potatoes?
 D Well, there are _____ onions, but there aren't _____ carrots,
 and we don't have _____ potatoes. How _____ do we need?
 N Four big ones.



- D OK, put potatoes on your list.
- N And how _____ tomatoes are there?
- D Only two small ones. Put them on the list, too.
- N How _____ milk is there?
- D There's a lot but there isn't _____ cheese or butter.
- N OK. Cheese and butter. What about herbs? Do we have _____ thyme?
- D Yeah, that's fine. But don't forget the minced beef. How _____ do we need?
- N 500 grams. Now, is that everything?
- D Er... I think so. Do we have oil? Oh, yeah, there is _____ left in the bottle.
- N OK, first shopping, then I'll give you a cooking lesson.
- D I'd like that. I hope the girls like cottage pie.
- N Everyone loves cottage pie.

READING: ASIAN DIET

Read a text about changing diets, and then answer the questions. *Audio56*

Asian Food



From a visit to three Asian countries, one thing is clear: the Asian diet is now more Westernised. The traditional Asian food – eaten three times a day – is rice. But now there are also meals of wheat products, such as toast for breakfast, and milk products.

Asian supermarkets now have a long list of Western foods such as breads, cakes and biscuits, snack foods, tinned goods and fizzy soft-drinks, pasta (wheat noodles), breakfast cereals, butter, cheese, lamb and beef.

But most striking is the large number of milk products. Milk products traditionally aren't part of an Asian diet – many Asians are actually allergic to milk. But there are now ads on television for milk. Milk, according to the ads, is 'modern', middle class and healthy. At a supermarket in

Ampang Park, Kuala Lumpur, there is a shelf, four metres long, for milks in tins.

In one Bangkok supermarket there are more than a dozen different brands of milk drink, from strawberry to pineapple flavour. In a typical supermarket in Chiang Mai in northern Thailand (population 1.2 million), there is fresh milk, and flavoured long-life milk in mini cartons. There are also fruit yoghurts in pineapple, orange and lychee flavours.

Unfortunately, there are now more Western diet-related diseases.



What is the article about? Underline a or b.

- | | |
|----------------------------|---------------------------------|
| 1. a. a food in the West | b. Western food in Asia |
| 2. a. milk products | b. supermarkets in Kuala Lumpur |
| 3. a. diseases in the West | b. diseases from Western food. |

True or false?

- | | |
|---|-------|
| 1. There are more Western-related foods in Asian diet. | _____ |
| 2. There are advertisements against Westernised diet. | _____ |
| 3. Flavoured milk products are now widely available. | _____ |
| 4. There is milk in cans at an Ampang Park supermarket. | _____ |
| 5. Traditionally people in Asia eat rice twice a day. | _____ |

Work in pairs and answer the questions.

1. Is milk popular in your country?
2. Which milk products are popular in your country? List them.
3. What milk products do you like? How often do you drink them?

SPEAKING: SHOPPING DIALOGUES

Work in pairs. Try to fill the missing sentences, then listen and check. Practice the conversations.

Audio57

Dialogue One

too many sort all enough

- I'd like some batteries, please.
- What _____ do you want?
- AA, please.
- Would you like a packet of four or six?
- Six is _____. Four is _____.
- Anything else?
- That's _____, thanks.



Dialogue Two

too big large else

- Can I have some toothpaste, please?
- Small or _____?
- The large is _____. The small is fine.
- Anything _____?
- No, thanks. How much is that?

Dialogue Three

too much better only

- I'm looking for a nice pen.
- What about this one? It's €25.
- No, that's _____. I don't want to spend that much.
- Well, this is one €12.
- That's _____. And I need some pencils as well.
- There are then pencils in this packet.
- But I _____ want two!
- I'm afraid I only have packets of ten. Sorry.

Dialogue Four

I'd like Can I have Medium I'd like

- Hi. What can I get you?
- Hello. _____ a latte, please.
- Sure. Have here or take away?
- Have in.
- And what size do you want?
- _____, please.
- Would you like anything to eat? A croissant? Some toast?
- _____ some toast, please.
- No problem.
- _____ some honey with the toast?
- Sure. Take a seat and I'll bring it over.



UNIT 10 – WHAT CAN YOU DO?

SPEAKING: ABILITIES

Stand up and interview your mates about what they can do. Then tell the class.

E.g. *Can you play chess? / Yes, I can. No, I can't. Alfred and Bernadette can play chess.*

	Me	My teacher	Mate One	Mate Two
read smartphone on the train				
play the guitar				
type fast				
write programs in Debian and C++				
repair a car				
iron clothes				
drive a car				
stand on head				
write a letter of complaint in English				
go to work by bus				
cook Italian				



GRAMMAR AND LISTENING: CAN/CANNOT

Task One. Listen and tick if Ivy can do something from the list below. Write the extra information, too. Audio60

speak a foreign language	_____
cook	_____
skateboard	_____
swim	_____
play tennis	_____
ski	_____
play any musical instruments	_____

Task Two. Listen Audio60 again, and complete the sentences about Ivy with the adverbs below.

(not) at all (×2)	a (little) bit (×2)	quite well
very well	really well	brilliantly

1. She can speak Spanish _____.
2. She can't cook _____.
3. She can swim _____.
4. She can play tennis _____.
5. She can ski _____.
6. Her dad can play the guitar _____.
7. Her mum can play the piano _____.
8. She can't play anything _____.

Task Three. Listen and underline what you hear. Audio61

1. She can/can't cook.
2. I can/can't hear you.
3. They can/can't come to the party.
4. Can/Can't you see my glasses anywhere?
5. You can/can't always get what you want.
6. Can/Can't you do the homework?



VOCABULARY: COLLOCATIONS

Match the verbs and the nouns.

play	climb	cook	draw	play
drive	speak	understand		

1. _____ a car, a bus, a train, a lorry
2. _____ a picture, a person, an object, an animal
3. _____ another language
4. _____ eggs, fish, meat, rice, dinner
5. _____ a wall, a tree, a mountain
6. _____ a short conversation, a long text
7. _____ football, tennis, basketball
8. _____ the piano, the guitar

SPEAKING: CAN YOU...?

Task One. Work in pairs. Take turn. Use *can* or *could* to ask questions for these situations. Give different answers, always be polite.

1. You want your brother to pass the milk to you at table.
2. You ask a friend to get you a cup of tea.
3. You ask your friend to wait a minute – you're not quite ready to go.
4. You're at a film with some noisy children. You ask them to be quiet and listen.
5. You want your teacher to write a word on the board.
6. You ask an official to show you where to sign the form.
7. You ask a police officer where the bank is.
8. You want your friend to lend you her book.



Task Two. Who usually asks these questions? Where? Discuss in class.

1. Can I have 3 kilos of oranges, please? _____
2. Can I see your passport? _____
3. Could you tell me the time, please? _____
4. Could you pass me the salt? _____
5. Could you show me your book? _____
6. Could you fill in the form, please? _____
7. Can you wait for me? _____
8. Can you get me a coffee, please? _____
9. Could you turn on the projector? _____
10. Can you shut up? _____

WRITING: A SELF-REFLECTION

What can you do in English? Tick the spaces in the chart.

	I can do this now	I can do this a bit	I can't do this yet
Say hello and goodbye			
Tell my daily routine			
Describe a room in a house			
Go shopping			
Tell what someone can do			
Ask the price			
Describe a person's appearance			
Describe a person's personality			

Use the chart above and write a short composition in which you reflect on your English. Also, write about what you do help with the things you can't do. There are some ideas here:

- read the units again
- ask for help from the teacher
- talk about it with other students
- spend more time with the online activities and audio files
- relax and just enjoy learning, even slowly
- ...



ENGLISH LANGUAGE



AUDIOSCRIPTS

Audio 1

One

Jack Hi, my name's Joe. What's your name?

Jill Hello, Jack. I'm Jill.

Jack Nice to meet you, Jill.

Jill Nice to meet you, too.

Two

Jill Good morning, Jack. How are you?

Jack I'm fine, thanks, Jill. And you?

Jill I'm fine. See you later.

Jack See you later. Bye!

Three

Jack Good morning, Jill.

Jill Good afternoon, Jack!

Jack What? Oh, yes, it's afternoon. Oops!

Audio 2

One

A Hello. My name's Lisa. What's your name?

B Gabriel.

A Where are you from, Gabriel?

B I am from Brazil.

A Ah! Where in Brazil are you from?

B From Rio de Janeiro.

A Rio de Janeiro is amazing! Well, nice to meet you, Gabriel.

B Thank you. And you.

Two

A Hello. What is your first name?

B My name's Carla.

A And what's your name?

B Perkins.



- A How do you spell that?
B P-E-R-K-I-N-S.
A And where are you from, Carla?
B I am from Oxford.
A Thank you very much.

Audio 3

- A What's her surname?
B Perkins.
A What's her first name?
B Carla.
A Where's she from?
B She's from Oxford, England.
A How old is she?
B She's 25 years old.
A What's her phone number?
B 01764 29388.
A What's her email address?
B cperkins@mailsnet.com.
A Is she married?
B No, she's not.

- A What's his surname?
B Santos.
A What's his first name?
B Gabriel.
A Where's he from?
B He's from Brazil.
A How old is he?
B He's 19.
A What's his phone number?
B 934 298 701.
A What's his email address?
B gsantos@mails.com.
A Is he married?
B No, he isn't.



Audio 4

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
Y	Z										

one	two	three	four	five	six	seven	eight	nine	ten	eleven	
	twelve		thirteen	fourteen		fifteen			sixteen...	(fade out)	

Audio 5

1. SAMANTHA, S-A-M-A-N-T-H-A
2. ERIC, E-R-I-C
3. ALICE, A-L-I-C-E
4. TED HUGE, T-E-D H-U-G-E
5. LENA6@GMAIL.COM
6. JACKBROWN@BZ.COM

Audio 6

He's from Italy.
 What's her name?
 You're English. Good.
 Where's she from?
 His teacher is from Ireland.
 We aren't British.

Audio 7

- A Bye, Dad! It's time for school.
 B Goodbye, my dear. Have a good day!
 A Thanks. See you later.
- C Good morning.
 D Good morning! Can I have a coffee, an espresso, please?
 C Yes, of course. Anything else?
 D No, thank you.



E Good afternoon. Can I help you?

F No, thank you. We're just looking.

E. That's OK.

G Adam. This is Berta. She's from our Sidney office.

H Hello, Berta. Nice to meet you.

G Hello, Adam. Pleased to meet you, too.

J Finally, it's Friday! Bye, Kevin.

K Bye, James. Have a good weekend.

J Thanks. Same to you.

K See you on Monday.

L Good night, darling. Sleep well.

M Good night! See you in the morning.

Audio 8

JEFF Excuse me, are you a medical student?

ANITA Yes, I am.

JEFF Yeah, me too. What's your name?

ANITA Anita. And you?

JEFF I'm Jeff. Where are you from?

ANITA I'm from London, but my mum and dad aren't British. They're from Japan. Are you from London?

JEFF No, I'm not. I'm from Nottingham. My mum's English but my dad isn't. He's from Trinidad.

ANITA Oh, really?

JEFF Yes. Oh, this is my stop. OK, bye. Nice to meet you. Sorry, what's your name again?

ANITA Anita

JEFF Nice to meet you, Anita.

ANITA Bye Jeff. See you!

NATALIA Excuse me! Are you Eddy Martinez?

EDDY Yes, that's right.

NATALIA How do you do, Mr Martinez? I love your books.

EDDY Oh, really? Thank you. Erm... What's your name?

NATALIA Natalia Dubois.

EDDY Nice to meet you, Miss Dubois – or is it Mrs Dubois? Or Ms Dubois?

NATALIA Please, just call me Natalia!



EDDY OK. Where are you from Natalia? You aren't French...

NATALIA No. I'm from Australia, but my father is Belgian.

EDDY Really? Are you here on holiday?

NATALIA No, I'm not. I'm here for work. I'm a teacher.

EDDY Oh, here is my taxi. Sorry, I'm late for a meeting...

NATALIA No problem. Goodbye, Mr Martinez.

EDDY Bye. Nice to meet you!

Audio 9

My family isn't very big. I have a sister, Andrea, she's 18, and a brother Richard, he's 25. They are not married. I'm married, my wife's name is Isabel. We have two children, a daughter, Nancy, that's N-A-N-C-Y, she is 4, and a son, Tom, he's only six months old. We live near my parents. My dad's name is John, and my mum's name is Odile, that's O-D-I-L-E. She's French. My grandmother lives with them, her name's Marie. She's my mum's mum.

Audio 10

Hi! My name is Karen, and I'm from Canada. This is my family. My father's name is Alan. He is a teacher. My mother's name is Celine. She is French, and she's a nurse. My sister's name is Christine, she's 21 years old, and she's a student at the university. My brother's name is Joseph. He's 17, and he's at school now. Oh, and I have a cat. My cat's name is Pico. His favourite food is fish.

Audio 11

one and a half

two and a quarter

six point eight

seventeen point five

oh two oh seven four eight one, six four nine oh

oh seven eight six one, five double six seven eight

Audio 12

There are thirty students in my class. Seventeen boys and thirteen girls.

I live at number 62, Station Road. My mobile number is 07629 34478.

My father works in a big hotel. There are 460 rooms on sixteen floors.

The population of my town is 280,000.



Audio 13

How much is this book?	Six pound fifty.
How much are these sandwiches?	Twelve euros each.
I only have five thousand Hungarian forints in my pocket.	
How much is this car?	9,500 dollars.
Just this postcard, please.	That's 60p please.
Can I have these jeans, please?	Sure. That's 49 pounds.
How much is a return ticket from Paris to Madrid?	150€

Audio 14

What colour are roses?

The rose is a very popular flower all over the world. Roses are in the books of Shakespeare and Dante, in the gardens of China and Japan. Roses are favourite gifts from men to their girlfriends and wives, and women also give roses to their family and friends. Roses mean many things: I love you, thank you, I'm sorry.

There are roses in many colours – red, white, pink, yellow, purple. And now there is a lot of interest in a new flower – the blue rose. Cut flowers are an important business – many billions of dollars world-wide – so new blue roses mean a lot of money in the future. In Melbourne, Australia, scientists say that blue roses are almost ready for the flower shops.

There are many songs about roses: My love is like a red rose and Red roses for a blue lady. Or is it now: My love is like a blue rose and Blue roses for a red lady? Probably, not, because a new rose is exciting, but it's not easy to change the colour of songs!

Audio 15

15 70 68 20 260 810 2,000 15,000

Audio 16

308 51 28 670 1,500 2,5

Audio 17

£50 £10 £6.50 80p €100 €58 \$450 \$12



Audio 18

Speaker One. In my pocket, I've got some money. I've got a piece of string. I've got a packet of biscuits. I've got my glasses, too. I've got the key to the house in my pocket. I've got my car keys and some handkerchiefs – paper ones.

Speaker Two. I've got nothing in the pockets of my trousers because I've got a rather large hole in them. But in the pockets of my cardigan, I've got a dirty tissue, my car keys, and some money. Oh, and I also got a piece of chewing gum.

Audio 19

Natalie Portman is American and Israeli. Portman is her grandmother's name – Natalie's real name is Hershlag. Her father is a doctor and her mother is an artist. She lives in Los Angeles now – she likes it because everyone smiles there. Natalie works all over the world. Paris and Berlin are two of her favourite cities and she loves to visit them. Natalie is married to the French dancer Benjamin Millepied. They have got two children – their names are Aleph and Amalia. She dances and ice-skates in her free time, and loves cooking. She is a vegetarian – she says she doesn't want to eat animals because she loves them so much. Natalie has an IQ of 140. She is very interested in psychology and has got a degree in it from Harvard University. She is only 5' 3" (160 cm) but she's an actress with a very big name.

Audio 20

(férfi beszélő!) What's in my bag? Well, there is my iPhone, and my wallet, of course. My wallet has got some money in it, and credit cards, AmEx and Visa, oh, and I have a diary – I don't use my phone for that – and I have some pens. A blue one, and a red one. Maybe a black, too, but I'm not so sure. I have... some water in a glass bottle. And some keys... my house key and my car keys. That's all.

Audio 21

Speaker One. As I come from the northwest part of my country, the colours that are most noticeable in the countryside are dark green, because of the kinds of trees that grow. And it remains dark green all year round. Of course, then there is the earth colours of the, the, the roads, if they are dirty. And, er, there is the blue of the sky. Flower colours? Many many different colours in my country.

Speaker Two. In my country, the colour depends on the time of the year. The colour of the countryside, I mean. Before the monsoons, everything is dusty and brown and red. Even the green trees are covered with red dust. But after the monsoon, everything's lush green and bright. Most of the buildings, people's houses and public buildings, are painted white. Flowers come in many colours – whole trees are covered in flowers: orange, purple, yellow.



Audio 22

Well... I think a job as a hotel receptionist is right for me because... um... well, I've got the right qualifications. Um, I speak English and Spanish, and, um, I think, I'm quite intelligent, and I work hard. Oh, and people say that I'm lively and happy. I think that's important for a receptionist, because, um, well... you work with people.

Audio 23

Andrew Johnson, engineer. Andrew, 30, is an engineer. He comes from New Zealand, but now he lives in Scotland. He works on an oil rig 440km from the coast of Aberdeen. He works 12 hours a day for two weeks, and then he has two weeks' holiday. He earns £200 a day. In his free time he goes to the gym and plays snooker. He isn't married.

Claudia Luke, zoologist. Claudia, 41, is American. She's a zoologist and she teaches at university. She lives in California and works with her husband, Jim, at the Research Centre in the Mojave Desert where she studies snakes and other animals. She likes working in the desert. In her free time she writes songs and walks her dog, Brewer. She earns about \$60,000 a year.

Audio24

Andrew is an engineer. Claudia is a zoologist.
 She comes from the US. He comes from New Zealand.
 He lives in Scotland. She lives in California.
 She works in the desert. He works on an oil rig.
 He earns £200 a day. She earns \$60,000 a year.
 She likes her job, and he likes his job, too.
 He goes to the gym in his free time. She walks her dog. Her dog's name is Brewer.
 She is married. Her husband's name is Jim. Andrew isn't married.

Audio25

It's ten past six.
 It's half past four.
 It's ten to four.
 It's five past nine.
 It's twenty-five to one.
 It's ten past seven.



It's twenty-five to eight.

It's twenty past eleven.

It's quarter past twelve.

It's three o'clock.

It's twenty-five to three.

Audio26

— Excuse me. Can you tell me the time, please?

— Yes, of course. It's just after seven o'clock.

— Thank you very much.

— Excuse me. Can you give me the time, please?

— I'm sorry. I don't have a watch and my phone is off.

— Never mind.

— Excuse me. What time does the bus leave?

— At ten past ten.

— Thank you. What time is it now?

— It's about five past.

— Five past ten?!

— No, no, five past nine. You're OK. No need to hurry.

— When does this lesson end?

— At four o'clock.

— Oh dear! It's only quarter past three!

Audio27

— Do you read travel books, Alex?

— Yes, I do.

— Why?

— I very much like travelling to other countries, so often I read a few books to give me a few ideas about where I could for my holidays.

— Bridget, do you shout at other people?

— I'm afraid I do, yes.

— Why?

— Because I'm a very bad-tempered, horrible person!



- Do you get up early on Sundays, Joan?
— No, I don't.
— Why not?
— Because the rest of my week is very ordered and I have to get up early and do things at a certain time and Sunday is the only chance I have to really laze about. And I usually start my day by reading the papers in bed.
- Rod, do you spend a lot of money when you're on holiday?
— Well, I'm not quite sure how much everybody else spends, but I think I probably do spend quite a lot.
— Why is that?
— Well, it's partly because my main holiday is usually skiing and skiing is a very expensive occupation.
- Nick, do you tidy your house or your flat every day?
— No, I don't.
— Why not?
— Uhm... because I'm too lazy, I think.
- Do you eat fast food, Ned?
— Absolutely not!
— Why is that?
— Because I don't think it's that good for you.

Audio 28

1. It's nine thirty.
2. It's quarter to two.
3. It's two o'clock
4. It's quarter to four
5. It's half past nine.
6. It's twenty to two.
7. It's six twenty.
8. It's half past eleven



Audio29

- What does your brother do?
- He's a journalist. He writes for The Times.
- Oh, that's a good job.

- What does your father do?
- He's an accountant. He works for a big firm in the city.
- And your mother?
- She's a teacher. She teaches Russian and French.

- Does your sister work in the centre of town?
- Yes, she does. She's a receptionist. She works in the Ritz hotel.
- Oh, that's near where I work.

- Are you doctor?
- No, I'm not. I'm a nurse.
- Oh, but I want to see a doctor.

- I want to be a pilot, when I'm big.
- I want to be a lawyer. They earn lots of money.
- Pilots earn a lot too, and they travel the world.

Audio30

- 'What time do you get up?' 'At about 7 o'clock on weekdays.'
- 'Where do you go on holiday?' 'To Turkey or Egypt.'
- 'What do you do on Sundays?' 'I always relax.'
- 'When do you do your homework?' 'When I get home.'
- 'Who do you live with?' 'My mother and brothers.'
- 'Why do you like your job?' 'Because it's interesting.'
- 'How do you travel to school?' 'Usually by bus.'
- 'Do you go out on Friday evenings?' 'Yes, I do sometimes.'



Audio31

Clara always drives to work.
He doesn't often arrive early for work.
She often reads the newspaper.
I'm never late for my coffee break.
We sometimes write letters.
Sam often has lunch for two hours.
My friend doesn't usually listen to the boss.
The students always look at the clock.
I'm always the first to leave work.

Audio32

I play tennis a lot. I'm no good but I like doing it. In the summer usually but sometimes in spring and autumn if it's sunny.

My favourite sport is skiing. I go skiing with my family every year. We all love it. We go always in January or February, after Christmas. We go to France. My wife is a good skier, the kids are really good, but I'm just OK.

I go to the gym every day, every morning before work. After I swim there, there is a pool. Do you go to the gym, too?

My favourite sport is windsurfing. Me and my brother go to surf school every summer and... and we play golf and football, of course. We watch sport a lot on TV, and we play computer games after school.

In winter we love evenings at home. Well, sometimes we watch TV, especially the cookery programmes. I love cooking. But we often play cards or do the crosswords on long winter evenings.



Audio33

Donna from Australia. I like summer best. We cook and eat in the garden, and we often go to the beach. I don't like sunbathing, but I love water sports. I go surfing and waterskiing, and I sometimes go sailing with my dad. Summer here is from December to February, so we always spend Christmas Day on the beach. My cousins in England think this is very funny. They think it's always warm and sunny here in Australia, but in July and August it's sometimes cold and wet.

Bjorn from Norway. Here's a joke about my country: 'Winter is nine months long, and the other three months are good for skiing.' It isn't true. Yes, the winter months are December to February, but it is often cold in spring and autumn, too. And summer is a short season for us, but it is warm with very long days. Spring is my favourite season. It's the best time to go skiing. I love skiing down a snowy mountain very fast under a beautiful blue sky. Sometimes you can still ski in June – isn't that amazing?

Aaron from Thailand. I live in Chiang Mai in the north. We don't have four seasons here, we have three – hot, rainy, and cool. I like the cool season from November to February. It's our 'winter', and it's cold at night, but it's quite hot in the daytime. In February, we have lots of beautiful tropical flowers – red, orange, and pink, so every year we have a wonderful flower festival. I go with my friends and we sing a dance. I love it.

Audio34

On the weekends most of all I like to sleep in, I must admit, because I work so hard during the week that Saturday mornings are the one time I get to sleep in. And on Sunday I go roller skating, generally.

At the weekend, I usually take the children swimming in the morning and then we watch some television and sometimes go to the market in the afternoon.

On Saturdays I usually wake up quite early. Then I usually go and get the papers and have breakfast.

On Saturday I normally do my shopping, which is something that I don't really like doing. And then in the afternoon I take my child to the park. On Sunday I like to have a nice long breakfast and I read the news on my tablet.



Audio35

Helen Walker is 49, and she comes from Guildford in the south of England. She works for British Airways. She flies 747s from London Heathrow to New York JFK three times a week. She earns £98,000 a year. 'New York is my favourite city', she says. 'It doesn't have a lot of open spaces and parks like London, but I like it. I go shopping on Fifth Avenue, and I watch shows on Broadway.'

She's married to Bill, who is an accountant, and they have three children. The children go to Sassoon House School. 'I don't take the children to school, Bill does,' explains Helen, 'because I'm away so much.' Helen has a hobby. She collects dolls from all over the world. She has more than a hundred. 'I love going to toy shops when I'm in another country,' she says.

Audio36

I have a dictionary and some books on my table.

There aren't any Chinese students in our class.

Do we have any homework tonight?

I need some help with this exercise.

Is there any test this week?

There are some difficult exercises in this booklet, but we have a very good teacher.

Audio37

This is a map. It's here.

That is a dog. It's there.

These are my glasses. They are in my hands.

Those are my friends. They are outside the house.

'What is this?' 'This is a blue gel pen.'

'What are these?' 'These are course books.'

'What is that?' 'This is a flag.'

'What are those?' 'Those are carrots.'

'How much is this lamp, please?' 'It's €45.'

I love those towels! They are fabulous!



Audio38

Sema

My room is at the end of the corridor. On my door there is a small bell. My room's got a big bed, with a nice yellow bedspread. My bed is in front of the window. When you look out of the window, you can see the garden of our house and the primary school of Oyak.

Next to the bed there is a small table. On the table, there is a lamp. There is a chair behind the table. On the wall near the door I've got photographs of my family and friends. There are also photos of children because I love children.

Near the table there is a cupboard, for my clothes. Behind the door is a bookcase But there are no books! On the shelves, I've got some plants, a small clock and a Bluetooth speaker.

The room is small but comfortable. I feel relaxed in my room.

Julio

Opposite the door, there are four cupboards along the wall. Then, on the right, against the wall, I've got a working desk with three shelves above it, full of books and my turntable with old records. I collect them. On the left, there is my classical guitar hanging on the wall, next to the bed. I've got a flat TV, too, on the wall, above a cupboard. On the opposite wall there is a window and a bookcase.

There is a side table beside my bed. There is a small lamp on the table. The walls everywhere have got a lot of picture and posters.

Mihaela

My room is small, but lovely. The carpet on the floor is very colourful. On the right, I've got my Bluetooth speaker and on the left, my wardrobe. Next to the speaker there is a table and then some bookshelves. The table has got a lamp on it. On the left, beside the wardrobe, I've got my bed with cushions on it. Next to the bed there is a small armchair with cushions, too. I've got a vase of flowers on the bedside table which is between the armchair and the wardrobe.

The walls are white and covered with posters. I haven't got a dressing table, only a mirror on the wall. The curtains at the window are colourful – they match the carpet.

My favourite thing is the balcony, which is lovely on long, hot summer nights.

Audio39

This is a picture of a lady and her dog in a sitting room. In the sitting room there is a large chair, quite a lot of bookcases, with a lot of books on them. There is also a fireplace and in front of the fireplace there is a fireguard. On the floor there is a rug, and the lady is standing on the rug with the dog. She's in front of the fireplace. On the walls there are quite a lot of pictures, and on the fireplace there are quite a lot of ornaments. On the chair there is a cushion.



Audio40

'Tracy has a lot of flowers.'

'Yes, she does, but does she have any vases?'

'Are there any glasses?'

'No, there aren't any glasses, but there are some cups on the shelf.'

'Does she have any plates?'

'Yes, she does. There are some plates in the cupboard.'

'Does she have any cookbooks?'

'She has a lot of, but not many.'

'Are there any pictures?'

'No, there aren't, but there are some lovely photos.'

'Oh dear, there isn't any coffee left.'

'It's OK, there's some orange juice on the table.'

Audio41

The White House, 1600 Pennsylvania Avenue, Washington DC, is the most famous address in America. It is where the President works, but it is also his private home, where he lives with his family. He has children's birthday parties, holiday dinners, and family weddings in this world-famous building.

The building

First built in 1800, the White House is where the President of the United States governs a country of 50 states and 324 million people. He lives with his family on the second and third floors. There are 16 bedrooms, a living room, a kitchen, and a dining room. Special guests stay in the Queen's Bedroom or the Lincoln Bedroom. In the West Wing are the staff offices. The President's own office, the Oval Office, is also there. It has three large windows behind the President's desk, and there is a fireplace at the other end. Each new president chooses new curtains, new furniture, and a new carpet. There are pictures of old presidents on the walls, and there is a famous desk, a gift from the British Queen Victoria.

The white house day by day

About 150 people work for the President in the West Wing and for the First Lady in the East Wing. Another 100 people look after the building day and night. The White House is open to visitors. It is free. About 6,000 people a day visit. There are 132 rooms, 35 bathrooms, and five kitchens, all on six floors.



There are three elevators. The State Dining Room is big enough for 140 guests. Outside, there are gardens with not only flowers, but also fruit and vegetables. There is also a tennis court, a running track, and a swimming pool. Inside, there is a movie theatre, a billiard room, a bowling alley, and a library. As former President Ronald Reagan said, 'The White House is like an 8-star hotel!'

Audio42

Dear Greta, Well, here we are in Arizona. This is a picture of our motorhome. It's not very big, but there is a big bed over the driver's cabin for Steve and me, and two little beds in the sitting room for the children. The beds are our sofas during the day, and we've got a tiny dining space with a table and some chairs. There's a nice little kitchen with a stove and some cupboards, and there are some plants, over the sink, too. There isn't a bath, but we've got a good shower – and a toilet of course. It's almost like home! Now for Texas! See you in July. Lots of love from Julie, Steve, Lucy, James

Audio43

MAN Jackie, tell me, what colours are fashionable in Ireland this year?

WOMAN Er, well, of course green is always fashionable.

MAN Oh, yes.

WOMAN The Irish love green and I think red, red this year. What about in America?

MAN Oh, I'd say we like check and blues, actually, this year.

WOMAN Hmmm.

MAN Sorry, I was going to say, at work, do people prefer to wear kind of fashionable clothes or conventional clothes?

WOMAN Um, I think probably conventional clothes at work, yes, definitely conventional clothes. What about in America?

MAN Well, in America, they may want to wear conventional clothes, but they're often forced to wear conventional clothes. And on holiday, er, we kind of like shorts and T-shirts, that sort of thing. How about with you?

WOMAN I think, it's the same. On holiday everyone wears their comfortable clothes, really.

MAN But when it comes to suits, in your country are they mostly fashionable or conventional?

WOMAN Oh, well, I think fashionable. The Irish think they are very fashionable race.

MAN And in America, we just wear suits in the workplace. So they're mainly conventional. do men and women in your country prefer fashionable shoes or comfortable ones?

WOMAN Well, I think probably fashionable shoes, but then if you are wearing a shoe it has to be comfortable, right? But I think fashionable, yes, mainly.

MAN Well, we're mainly too heavy for fashionable shoes, so we tend to wear comfortable shoes.



Audio44

My jackets are made in Japan. They're made of leather.
 Your blouses are made in Brazil. They're made of polyester.
 His ties are made in Thailand. They're made of silk.
 Her skirts are made in Scotland. They're made of wool.
 Our raincoats are made in Romania. They're made of nylon.
 Their shirts are made in Sri Lanka. They're made of cotton.

Audio45

Photographers & models

Many of the world's famous fashion photographers now are women. 'The woman I photograph is definitely a woman, not a little girl,' says Andrea Blanche. 'I guess I choose a woman who is a little bit like me. I get a lot of the situations I photograph my model in from my life. I like working with a woman who is intelligent, lively, and just beautiful to look at. A woman with lots of personality.' Her make-up artist watches the photographer working and says, 'She is friends with her models, they talk a lot, and that is definitely an advantage in the photos.'

Sheila Metzner, an art director who takes photographs of the country as well as fashion, is a bit different. With a striking face, and a lot of long grey/black hair all around it, she has a mysterious beauty. 'The model I work with has an appearance that speaks, that shows emotion. I like intelligence. But I don't mean just models. I look at women on the street corner, perhaps a woman who is eighty years old. I look for beautiful, strong women. I study them. Photography is a way of studying people.'

But photographers grow old, too. Is it easy to photograph young, beautiful models every morning? 'It's not easy,' Andrea Blanche says. I look in a mirror and I see my face getting older. That's why I work a bit every day on my book.' What book? 'A book about men.'

Audio46

An artistic person is usually lively.
 Her sister has an intelligent young face.
 A smile is very important at interviews.
 Juanita is a proud mother.
 An serious secretary is ambitious.
 Our friend has a happy personality.



Audio47**The Western Uniform**

People don't write a lot about jeans. But one in two men and four in ten women under the age of 45 buy at least one pair each year. That's a lot of denim! We are used to this Western uniform, and we don't stop to think how amazing it is for one piece of clothing to be popular in so many countries, and with so many people.

A recent survey gave the main reasons for wearing jeans: they are comfortable, relaxed, and look good on most people. But is this really true? Stand on any street corner. You can see that some men and women wear jeans even though they don't look good in them. They feel all right about it, because jeans give self-confidence. Other clothes are comfortable and relaxed, but jeans have something special.

Jeans come from nineteenth-century American workclothes. But they are now part of designer fashion. As one designer explains, 'Jeans are never out of fashion. They are always around. Jeans are popular because they don't say anything about fashion. They say a lot about you.' So jeans are a uniform, but they make every individual feel special.

Audio48

Lisa, what do you like about the English?

They are polite and friendly, especially out of London.

And what don't you like?

The way they talk to poor people.

What do you especially admire about the English?

They are patient when they queue.

Are there things you really hate about them?

They say one thing but they do another!

What do you think of their sense of humour?

I love it very much.



Audio49**Successful expatriate wives**

People say that successful expatriates are those who get a lot of pleasure from living in a different culture. They love travel for itself; they are curious, they love new experiences; they love trying new and exotic foods; they like meeting new people; they read a lot about the country; they are adventurous and they have a direct interest in the new culture. These people generally have a cheerful and positive nature; they are enthusiastic and they seem to be exceptionally healthy.

Successful expatriate wives love travelling. They have a long history of travelling, even before their husband's job in the new country. One of these successful wives said: 'I just love people. I travel all the time; I went to Finland when I was only five years old. This increased my interest in travelling. Now I just want to go on travelling.'

This type of wife makes a successful expatriate wife. She gives her family the idea that living in a new culture is joy. She supports her husband in his work and she helps her family to settle in easily. This type of wife often turns out to be happy 'cosmopolitan' – someone who is at home in all parts of the world.

Audio50

- I Right, can you tell us, do you like living here?
- G Yes, otherwise I wouldn't be here because... I made a choice coming here, so... yes, I like it very much.
- I What is it you like about living in a different culture?
- G Uhm, well, I think you see things more clearly, you notice more things, if you're an outsider.
- I Right. I think I know the answer, but are you a cheerful kind of person?
- G Well, um, yes. I think so.
- I And travelling? Do you love travel?
- G Yes, I love it.
- I Right. And foods? Do you love trying new foods?
- G Yes, yes... which is very easy to do in London, anyway.
- I And how do you find this out? Do you read a lot about this country?
- G No, I don't really read about England. I read... English literature... but not about England.
- I Great, thank you very much.
- G My pleasure.
-
- I Jean-Pierre, do you like living here?
- J-P Yes, I do.
- I Why is that?
- J-P I think it's because of the incredible variety one gets.. London, basically.
- I What do you like about living in a different culture?



- J-P I think, basically like the, the difference at all levels.
- I Are you a cheerful kind of person?
- J-P I think I am, yes.
- I Yes. And you like travel?
- J-P I do love travel, yes.
- I So, on your travels, do you like trying new foods?
- J-P I certainly do.
- I Do you read a lot about this country?
- J-P No, I don't. I think I experience it more than I read about it.

Audio 51

Well, what I really hate is washing up. And, er, I always try to find somebody else to do it. And another thing I can't stand is sitting on a bus behind a long row of traffic.

Mmmm, I hate driving in traffic when you are sitting in a long queue behind a lot of silly drivers who are doing completely the wrong things. Erm, I also hate doing the washing. I mean, I know it's only putting things in the washing machine but that really gets to me, I don't like that.

I don't mind any of that, really. But what I can't stand is spiders. I've never been able to get on with them. And it's the way they move. It frightens me and I... I just hate them.

I don't mind spiders. I hate cockroaches, though. They're, they're disgusting. Yuk. I hate them.

Audio52

Interviewer Now, Lizzie, could I just ask you...

Lizzie Hi! My name is Lizzie Bop! I'm the star of my dance group. I want to say I just love your magazine. It's the best magazine in the shops! I really enjoy talking about myself and my life, you know?

I Thank you. Can you tell our readers about your work?

L I work very hard but I really love it. We only perform two or three nights a week, but we rehearse almost every day, sometimes for twelve hours a day. Maybe that's why I love my days off too! I like getting up late in the morning, at about eleven o'clock. I enjoy reading the newspaper and having my breakfast in bed. You see, most days I don't have time for those things.

I I see. And what else do you do when you're not working?

L I will tell you what I don't do. I don't do the housework. I hate it! I don't really like shopping either – except for clothes, of course! – or cooking or washing the dishes. Sometimes I visit my friends and family at the weekend, but I like staying at home, too. Maybe you think I'm a bit dull! I also like spending my time with my dogs. I just love those dogs – they're my best friends. They can be a problem though – I have my meals in restaurants, and often they're not allowed to go in with me.



Audio53

Welcome to South Australia – and enjoy your holiday!

South Australia has wonderful sights, sounds and tastes! Adelaide, the capital city, is full of colour. There are over 30 kilometres of sparkling white beaches for you.

Shopping is an excellent activity for all visitors to Adelaide. The city has some very interesting stores. Rundle Mall in the centre of the city is a major shopping centre. Normal shopping hours are Mon-Thurs 9 am to 5.30 pm, Saturday 9 am to 5 pm and Friday nights until 9 pm.

Adelaide has got hundreds of restaurants, from cheap bistros to formal restaurants, and Adelaide's Mediterranean climate is perfect for eating out of doors in the pavement cafés.

Adelaide is fun to explore. There are many parks around the city centre, and gardens with many unusual Australian plants.

After dark, Adelaide is lively with discos, pubs, piano bars, cabarets, rock, jazz and dance music. And there's also the famous Adelaide Casino!

Adelaide is also a city for lovers of history – it's got many excellent museums, including the South Australian Museum and the Art Gallery of South Australia, both on North Terrace.

Welcome to South Australia and enjoy your holiday!

Audio54

In my country, America, rice and noodles and other pasta come in bags – plastic bags. Milk and other beverages, fruit juices, come in cartons – paper cartons. Meat most often in supermarkets is wrapped in cellophane.

In my country, Malaysia, we buy our vegetables in the open market. You take your bag along, choose your vegetables and fruit and put it in your bag. Milk comes in bottles. Spaghetti and noodles come in packets. Eggs come in boxes, and wine comes in bottles.

In Northern Ireland, we buy things in different types of containers. For instance, you can buy milk in a carton, but you can also buy milk in a bottle. Soup sometimes comes in tins, and it also comes in a carton. If you buy, say, apples or oranges or beans or some other sort of vegetable in the supermarket, they'll come in a packet of some kind, but if you buy them at the greengrocer's, they will put them in a brown paper bag.



Audio55

- N This recipe for cottage pie looks easy.
- D But we can't cook at all!
- N Don't worry. I really like cooking. Now, vegetable – do we have any onions? Are there any carrots or potatoes?
- D Well, there are some onions, but there aren't any carrots, and we don't have any potatoes. How many do we need?
- N Four big ones.
- D OK, put potatoes on your list.
- N And how many tomatoes are there?
- D Only two small ones. Put them on the list, too.
- N How much milk is there?
- D There's a lot but there isn't any cheese or butter.
- N OK. Cheese and butter. What about herbs? Do we have any thyme?
- D Yeah, that's fine. But don't forget the minced beef. How much do we need?
- N 500 grams. Now, is that everything?
- D Er... I think so. Do we have oil? Oh, yeah, there is some left in the bottle.
- N OK, first shopping, then I'll give you a cooking lesson.
- D I'd like that. I hope the girls like cottage pie.
- N Everyone loves cottage pie.

Audio56**Asian Food**

From a visit to three Asian countries, one thing is clear: the Asian diet is now more Westernised. The traditional Asian food – eaten three times a day – is rice. But now there are also meals of wheat products, such as toast for breakfast, and milk products.

Asian supermarkets now have a long list of Western foods such as breads, cakes and biscuits, snack foods, tinned goods and fizzy soft-drinks, pasta (wheat noodles), breakfast cereals, butter, cheese, lamb and beef.

But most striking is the large number of milk products. Milk products traditionally aren't part of an Asian diet – many Asians are actually allergic to milk. But there are now ads on television for milk. Milk, according to the ads, is 'modern', middle class and healthy. At a supermarket in Ampang Park, Kuala Lumpur, there is a shelf, four metres long, for milks in tins.

In one Bangkok supermarket there are more than a dozen different brands of milk drink, from strawberry to pineapple flavour. In a typical supermarket in Chiang Mai in northern Thailand (population 1.2 million), there is fresh milk, and flavoured long-life milk in mini cartons. There are also fruit yoghurts in pineapple, orange and lychee flavours.

Unfortunately, there are now more Western diet-related diseases.



Audio57

- I'd like some batteries, please.
 - What sort do you want?
 - AA, please.
 - Would you like a packet of four or six?
 - Six is too many. Four is enough.
 - Anything else?
 - That's all, thanks.
-
- Can I have some toothpaste, please?
 - Small or large?
 - The large is too big. The small is fine.
 - Anything else?
 - No, thanks. How much is that?
-
- I'm looking for a nice pen.
 - What about this one? It's €25.
 - No, that's too much. I don't want to spend that much.
 - Well, this is one €12.
 - That's better. And I need some pencils as well.
 - There are then pencils in this packet.
 - But I only want two!
 - I'm afraid I only have packets of ten. Sorry.
-
- Hi. What can I get you?
 - Hello. I'd like a cappuccino, please.
 - Sure. Have here or take away?
 - Have in.
 - And what size do you want?
 - Medium, please.
 - Would you like anything to eat? A croissant? Some toast?
 - I'd like some toast, please.
 - No problem.
 - Can I have some honey with the toast?
 - Sure. Take a seat and I'll bring it over.



Audio58

Food facts for visitors to Madrid

In Madrid, there are a lot of bars. For breakfast, a lot of people go to the bars to drink orange juice or coffee with milk, and eat small cakes. They don't drink much tea, and they never drink it with milk.

Don't go for lunch before two o'clock – you can't get the 'menu of the day' before that. The menu of the day is a three-course meal. The first course is soup, salad, or vegetables, the second course is meat, chicken, or fish, and the third course is dessert, for example ice cream or a small black coffee. After all that, you need a siesta!

The evening meal is at nine or ten o'clock. The restaurants aren't open before that. But a lot of people don't have a big meal in the evening – they just go to a bar for 'tapas'. Tapas are small snacks with a drink. Don't worry about the time – a lot of the bars are open long after midnight.

Audio59

- I'd like a pair of scissors, please.
- What sort do you want?
- Sorry, what do you mean?
- Where do you want to use them? In the kitchen? In the bathroom?
- Ah! Now I understand. I want them for my work.
- OK! Here are some office scissors.
- Great. How much are they?

- Can I have some aspirin, please?
- Do you want a small packet or a large one?
- How many are there in the large packet?
- Twenty-four.
- No, that's too many.
- There are twelve in the small one.
- Twelve is enough, thanks. I'll have that one.



Audio60

So what can I do? Speak a foreign language... mmm... well, yes, I can speak French and Spanish a little bit, but just holiday Spanish! Cooking? No, I can't cook at all. My mum can, she's a fantastic cook! Sports? Well... I think, I'm quite good at sports, my cousin Alfie says I'm not because I can't skateboard but skateboarding is not a sport! I can swim, of course. Everyone can swim, can't they? I can swim very well and I like swimming, and I like tennis. I can play tennis quite well. But skiing is my best sport. I love it, and I can ski really well, really fast. Musical instruments? Oppsie, no, I can't play any musical instruments. My dad can play the guitar brilliantly, and my mum can play the piano a bit, but I can't play anything at all.

Audio61

She can't cook.

I can't hear you.

They can come to the party.

Can't you see my glasses anywhere?

You can't always get what you want.

Can you do the homework?

Audio62

— (Satomi) Ana! I need your help, now!

— (Ana) Sure. What's wrong?

— I can't do my homework.

— Why not?

— I can't understand this part.

— Yes, you can!

— No, I can't! It's very difficult! Can you do it?

— Of course, I can do it, but it's not my homework.

— Oh, please! It's late and I want to go out.

— All right, all right – let's read it together.



ACKNOWLEDGEMENTS

This work is an adapted compilation of some selected good-practice materials in accordance with the Hungarian Government Decree 125/2020. (IV. 16.).

Primary sources:

Collie, J.–Slates, S. (1995): *True To Life. Elementary Class Book*. Cambridge University Press.

Collie, J.–Slates, S. (1995): *True To Life. Elementary Personal Study Workbook*. Cambridge University Press.

McDonald, A.–Hancock, M. (2008): *English Result. Elementary Teacher's Book*. Oxford University Press.

McKenna, J. (2008): *English Result. Workbook*. Oxford University Press.

Soars J.–Soars, L. (2012): *New Headway Elementary Student's Book. Fourth Edition*. Oxford University Press.

Soars J.–Soars, L. (2012): *New Headway Elementary Workbook. Fourth Edition*. Oxford University Press.

Soars J.–Soars, L.–Hancock, P. (2019): *New Headway Elementary Student's Book. Fifth Edition*. Oxford University Press.

Soars J.–Soars, L.–McCaul (2019): *New Headway Elementary Workbook. Fifth Edition*. Oxford University Press.

Photographic sources (in order of appearance):

Unit 1: Scrabble me by elizabeth.caroline.photography (Flickr);

Unit 2: Bahasa Indonesia lesson by Maciej Dakowicz (Flickr);

Unit 3: Pritchardpeck Lightning; What's in my bag by Benjamin Berg (Flickr);

Unit 6: Open Kitchen Interior Design by joyoendho (Flickr);

Unit 7: The color wheel tree by David Paul Cook (Flickr);

1/6 scale male and female by hegemony77 (Flickr); Style fits me;

Unit 9: Group of people having breakfast by Marco Verch (Flickr); Cottage Pie by Rudi Riet (Flickr);

China dairy by Charles Wiriawan (Flickr);

Unit 10: Yftha is an acrobat by AnníNa* (Flickr)







































































4. A gyártás, szerelés és üzembe helyezés során alkalmazott anyagvizsgálati eljárások

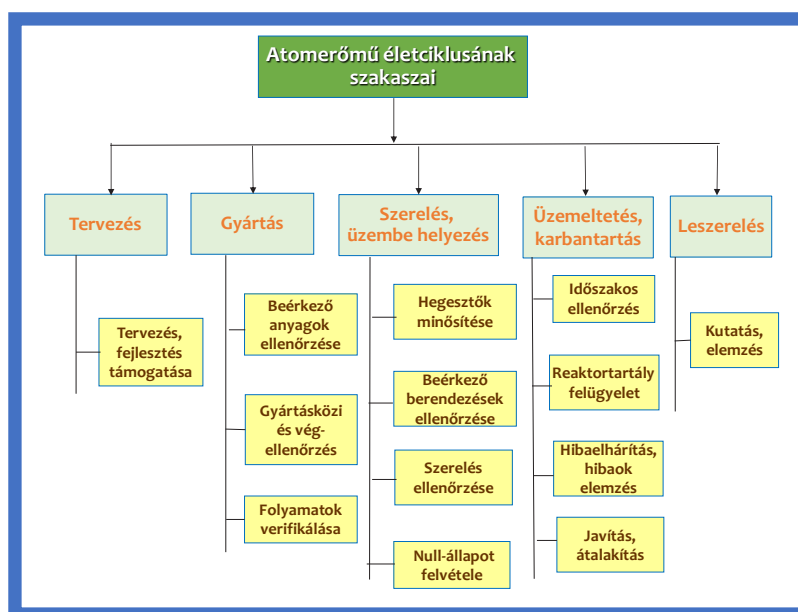
4.1 BEVEZETÉS

Anyagvizsgálatok végzése az atomerőmű életciklusa valamennyi szakaszában szükséges. Az életciklus legfontosabb szakaszai a következők:

- ◆ tervezés,
- ◆ berendezések gyártása
- ◆ technológiai szerelés, üzembe helyezés
- ◆ üzemeltetés (beleértve a karbantartást és ellenőrzést)
- ◆ leszerelés.

Az egyes szakaszok azon tevékenységeit, amelyek igénylik valamilyen anyagvizsgálat alkalmazását, a 111. ábra mutatja.

111. ábra. Anyagvizsgálat az atomerőmű életciklusának egyes szakaszaiban.



A tervezés során általában nem tényleges vizsgálatokról van szó, hanem arról, hogy a tervezőnek ismernie kell a későbbi szakaszokban végzendő vizsgálatokat és azok igényét figyelembe kell vennie a tervekben (pl. térbeli és időbeli hozzáférés). A gépésztechnológiai berendezések gyártása felöleli a kohászati eljárásokat, a képlékeny alakítást (hengerlés, kovácsolás, sajtolás), a hőkezelést, az esetleges kémiai (felület) kezelést, hegesztett szerkezetek (pl. tartályok) esetében a hegesztett kötések elkészítését és a forgácsoló megmunkálást. Mindezek során szigorú minőségi követelményeket kell betartani, azaz a berendezéseknek a lehetőségek határain belül „hibamentesnek” kell lenniük, továbbá bizonyítani kell a berendezések hibatűrő képességét, mert így biztosítható az erőmű későbbi biztonsága és gazdaságossága. A vonatkozó elemző munkát az elvégzett anyagvizsgálatok eredménye verifikálja. A minőségi követelmények megjelennek a kémiai összetétel, a szövetszerkezet, szemcsenagyság,

zárványosság, a mechanikai tulajdonságok, átmeneti hőmérséklet, korrózióállóság, illetve az anyagok/hegesztési varratok folytonossági hiányoktól (szerkezeti inhomogenitás, repedés, gáz- és nemfémes zárványok, kötésihiba) való mentessége vonatkozásában.

Hasonló követelmények vannak a technológiai rendszerek szerelése közben. Itt nem csak az elkészült, számtalan hegesztett kötés ellenőrzéséről van szó, hanem a hegesztési technológiák alkalmasságának a minősítéséről, továbbá maguknak a hegesztőknek a minősítéséről is. Ezeknek a szabályai a világban egységesek és nemzetközi szabványokban találhatóak.

Az atomerőmű több évtizedet átfogó üzemeltetési időszakában talán a legfontosabb alaptévékenység a nyomástartó berendezések és csővezetékek időszakos ellenőrzése, ami periodikusan végzendő roncsolásmentes vizsgálatokból és nyomás-, illetve tömörségi próbákból áll. Az üzemeltetés közbeni vizsgálatok elvégezhetősége általában korlátozott. Ez jelentheti a hozzáférhetőség korlátozott voltát, de a reaktor hűtőkör berendezései esetében a radioaktív környezet okozta időbeli korlátozást. Ezért a periodikus roncsolásmentes vizsgálatokat jellemzően távirányítású manipulátorokkal végzik.

Az üzemeltetés időszakának másik – mechanikai és törésmechanikai vizsgálatokat igénylő – tevékenysége a reaktortartály-felügyelet kiszolgálása. Ennek lényege, hogy a 2.3.2 alfejezetben ismertetett sugárkárosodási folyamatot a reaktortartályban elhelyezett és besugárzott, majd meghatározott időközönként kiemelt próbatetek vizsgálata útján monitorozzák. Természetesen a besugárzott és felaktiválódott próbatetek vizsgálata csak speciális laboratóriumban végezhető.

Már az üzemeltetés időszakában, de a leszerelés közben és azt követően lehetőség adódik a szerkezeti anyagok üzemi viselkedésének tanulmányozására. Ezért az üzemből kivett, illetve a leszerelt berendezések értékesek, magukban hordozzák az üzemi igénybevétel és környezeti körülmények kiváltotta károsodási folyamatok jegyeit. Ezek megismerése és az eredmények visszacsatolása fontos információt jelenthet az üzemeltető szervezetnek, de hasonlóképpen a tervezőnek és a berendezések gyártójának is.

A következőkben áttekintjük a leggyakrabban alkalmazott anyagvizsgálati eljárásokat, ismertetjük azok fizikai alapjait és főbb alkalmazási területüket az atomerőművek vonatkozásában. Természetesen számtalan más anyagvizsgálati eljárás is létezik, amelyeket egy-egy adott, általában a hétköznapi vizsgálati feladatok szintjét meghaladó, speciális feladat elvégzéséhez alkalmazunk. Ezek tárgyalása meghaladja jelen könyv terjedelmét.

4.2 OPTIKAI- ÉS ELEKTRONMIKROSKÓPIAI VIZSGÁLATOK

Utaltunk rá a 2.5.1 alfejezetben, hogy anyagaink tulajdonságait azok szövetszerkezete határozza meg. A szövetszerkezet összetevői lényegesen kisebb méretűek annál, hogy azokat szabad szemmel vizsgálni lehessen. Ezért vizsgálatuk általában nagyobb nagyításban, mikroszkóp segítségével történik. Optikai vagy más elnevezéssel fénymikroszkópia esetében a minta megvilágítására a látható hullámhossztartományába eső elektromágneses sugárzást (fényt) használunk, míg az elektronmikroszkóp sugárforrása egy nagy energiájú elektronnyaláb.

4.2.1 Optikai mikroszkópia

Az optikai mikroszkóp – szerkezetét tekintve – egy viszonylag egyszerű, összetett optikai eszköz, mely két gyűjtőlencséből áll:

- ◆ a tárgyhöz közelebbi gyűjtőlencse az objektív, más néven tárgylencse,
- ◆ a szemhez közelebbi gyűjtőlencse az okulár, más néven szemlencse.



A tárgylencse igen nagy dioptriájú, általában síkdomború lencse (a tárgy felőli oldala a síkfelületű). Ez határozza meg a mikroszkóp tényleges felbontóképességét. A felbontóképesség azt mondja meg, hogy mekkora az a két legközelebbi apró folt, amit még külön fontoknak látunk (azaz nem mosódik össze a szemünkben). Az okulár már csak ún. üres nagyítást végez, azaz nem jelenít meg újabb részleteket, hanem csak tovább nagyítja a látványt, mint egy digitális zoom. A két lencsével együttesen – általában – legfeljebb 1500-szoros nagyítás érhető el.

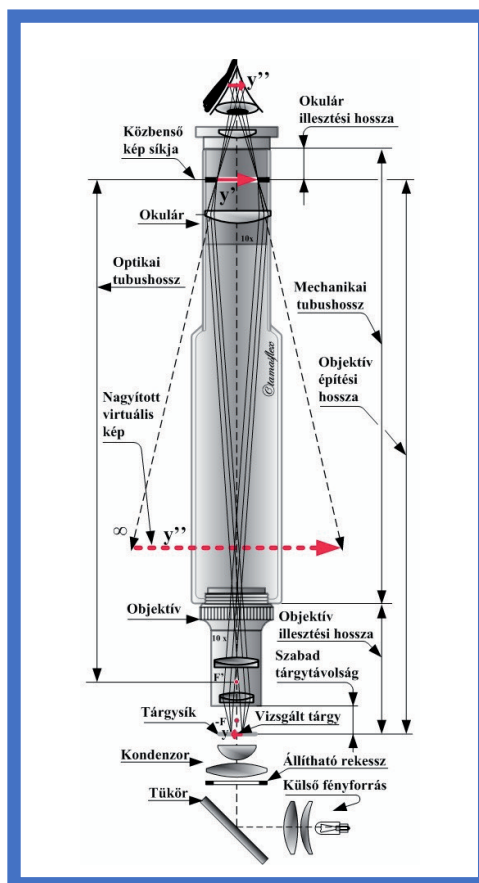
A 112. ábra mutatja az optikai mikroszkóp elvi felépítését és a sugármeneteket. Látható, hogy az objektív az y tárgyról y' nagyított reális, fordított képet alkot az okulár tárgydali gyújtósíkjában.

Az okulár ezt a már felnagyított képet újra felnagyítja és az y'' virtuális képet hozza létre – a szem alkalmazkodási fokától függően a végtelenbe vagy a tisztalátás távolságába vetítve.

Ahhoz, hogy a minta (mikroszkópi csiszolat) láthatóvá váljék, a mikroszkópot megfelelő megvilágítással kell ellátni. A megvilágító egység részei maga a mikroszkóplámpa, a tükör és a kondenzor.

A mikroszkóplámpa általában henger alakú, megfelelő erősségű égővel, íriszrekesssel, kollek-torlencsével és színszűrővel ellátott lámpa. Célja az, hogy megfelelő erősségű koncentrált fénnel lássa el a mikroszkópot. A tükör arra szolgál, hogy segítségével a külső fényforrás fényét a kondenzorlencsé-be vagy a vizsgálandó csiszolatra irányítsuk. Két, egymásra merőleges tengely körül minden irányban elfordítható, melynek egyik oldala sík, a másik homorú. A sík oldalát akkor alkalmazzák, amikor a csiszolat megvilágítása a kondenzoron át történik (világos látótér), a homorú oldalt akkor, amikor a kondenzort oldalra kihajtva eltávolítják a fény útjából (sötét látótér). A kondenzor szerepe az, hogy a tükrön át közvetített külső fényforrás fényét a vizsgált minta síkjába vetítse a lehető legnagyobb fénysűrűséggel. Alkalmaznak polarizált fényt a kristályorientáció meghatározására. Van fáziskontrasztos képalkotás a kép kontrasztjának növelésére.

112. ábra. Az optikai mikroszkóp elvi felépítése [16]



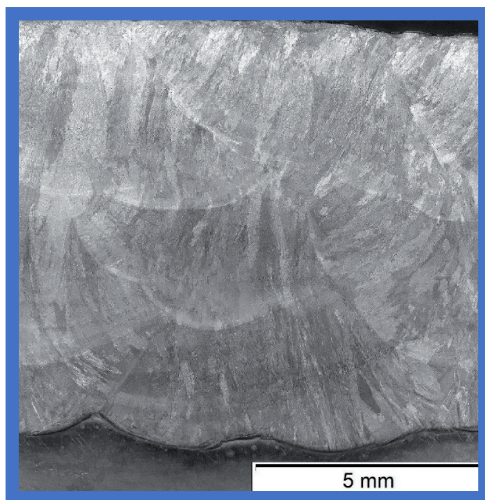
A vizsgálathoz a mintát elő kell készíteni, ami a vizsgálandó felület csiszolását, polírozását és maratását jelenti. A 113. ábra egy átlagos optikai mikroszkópot mutat.

113. ábra. Optikai mikroszkóp.



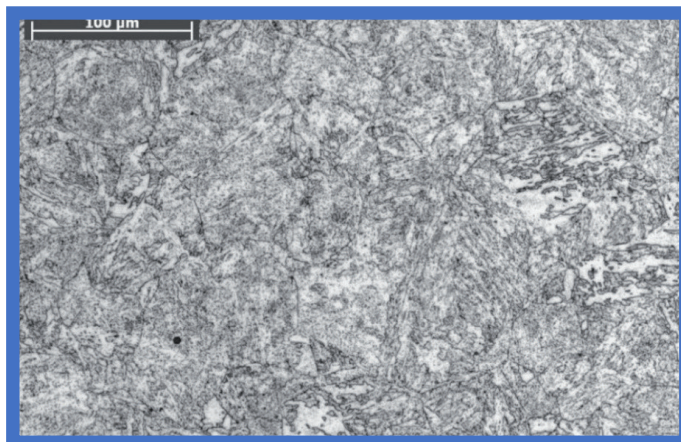
A következőkben néhány példát mutatunk az optikai mikroszkópia alkalmazására. A 114. ábra a VVER–1200 reaktortartály háromrétegű plattírozott rétegének a szerkezetét mutatja (szalagelektroda anyag: 08H18N10T).

114. ábra. Ausztenites korrózióálló acél plattírozás (elektrolitikus maratás: ASTM A-262-15)



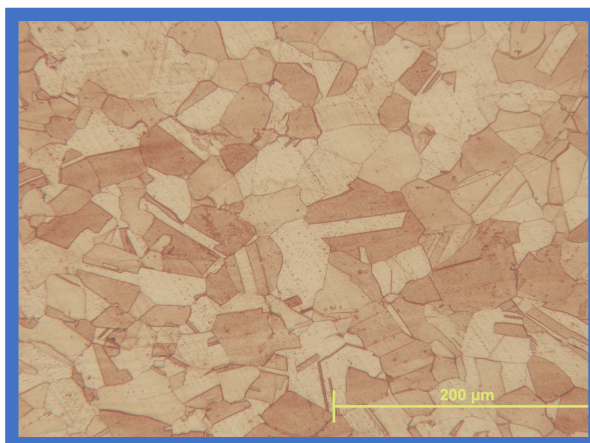
A 115. ábra VVER–1200 reaktortartály alapanyagának (15H2NMFA) üzemi állapotra hőkezelt szövetszerkezetét mutatja. A kép egyenletes baintes szövetet mutat, itt-ott ferit szigetekkel; felismerhetők az eredeti ausztenit szemcsehatárok.

115. ábra. Reaktortartály alapanyag-szövetszerkezete (maratás: Nital)



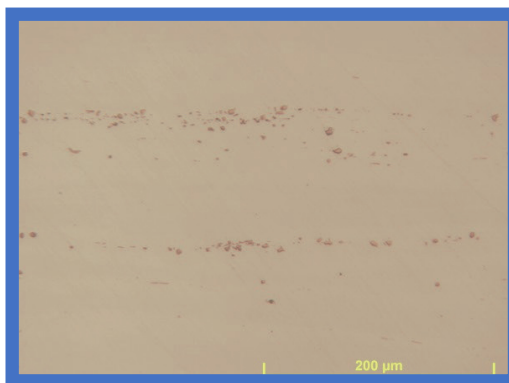
A 116. ábra egy ausztenites korrózióálló acél jellegzetes szövetszerkezetét mutatja.

116. ábra. Jellegzetes ausztenites szövetszerkezet, átlagos szemcsemérettel (maratás: Calling 2)



A 117. ábrán egy ausztenites korrózióálló acél (08H18N10T) csővezeték falából vett minta maratlan képe látható, rajta az alakítás hatására sorokba rendeződött oxidzárványok.

117. ábra. Zárványosság vizsgálata (maratlan)



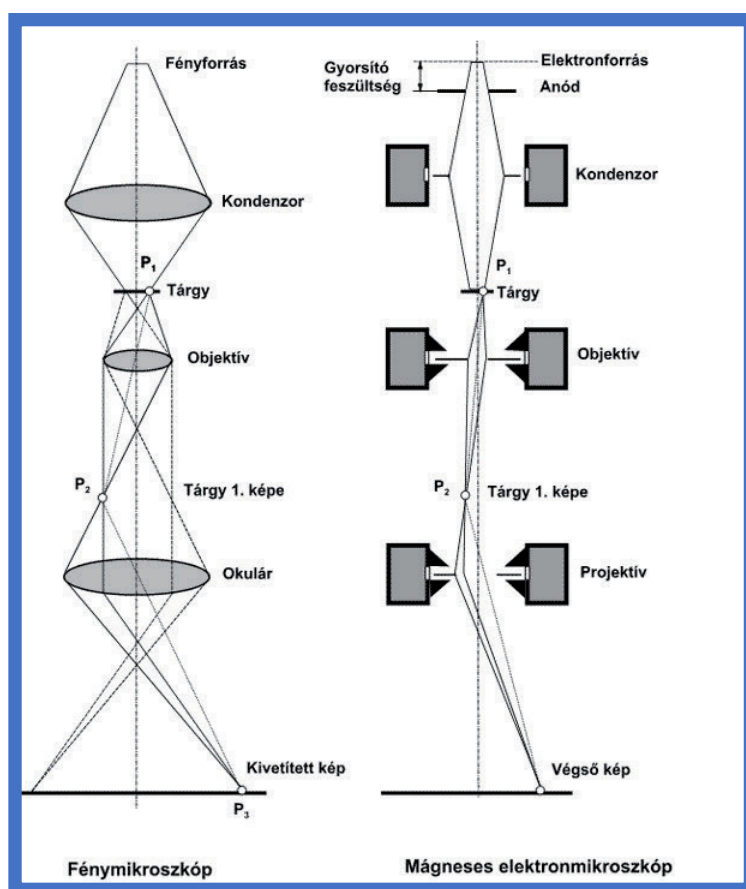
4.2.2 Elektronmikroszkópia

Az elektronmikroszkópiában a minta megvilágítására használt sugárforrás egy nagy energiájú elektron nyaláb. Az elektronmikroszkópok rendkívül összetett berendezések, ezért drágák, valamint sokkal bonyolultabb a használatuk, mint az optikai mikroszkópoknak. Olyan előnyökkel rendelkeznek viszont, ami elengedhetetlenné teszi használatukat a korszerű anyagtudományban és természetesen számtalan egyéb anyagvizsgálati területen. A legnagyobb előny a megvilágító sugárzás hullámhossza és az elméleti felbontó képesség közötti összefüggésből következik. Ugyanis a látható legkisebb részlet a megvilágító sugárzás hullámhosszának a fele. Ez 200 nm körül van a látható fény esetében, míg az elektronmikroszkópiában ez az érték nagyságrendekkel kisebb. Tehát elektronmikroszkóppal sokkal apróbb részletek figyelhetők meg. Így, szemben az optikai mikroszkópok általában maximális 1000–1500-szoros nagyítást elérő felbontásával, elektronmikroszkóppal könnyen elérhető akár több 100 000-szeres nagyítás is.

Jelentősen jobb az elektronmikroszkópos képek mélységélessége is, összehasonlítva ugyanarról a mintáról készült, ugyanolyan nagyítású optikai mikroszkópos képpel. Ezért gyakran olyan nagyítás tartományban is indokolt lehet a használatuk, amit még optikai mikroszkóppal is elérhetnénk, viszont a mintafelületünk térbeli (azaz háromdimenziós) felület.

Az elektronmikroszkópia egy másik előnye az, hogy a nagy energiájú elektronok által, a mintában gerjesztett karakterisztikus röntgensugárzás detektálása és szétválogatása alapján megmérhető az anyag kémiai összetétele igen kis térfogattól (néhány μm^3).

118. ábra. TEM és optikai mikroszkóp felépítésének összehasonlítása [16]



Alapszerkezetükben az elektronmikroszkópok hasonlítanak az optikai mikroszkópokhoz, csak a szükséges technikai megoldásokban térnek el, ami az eltérő megvilágító sugárzás használatából adódik. Az elektronmikroszkópokat – felépítésük szerint – két nagy csoportra lehet felosztani: pásztázó, azaz „reflexiós kiépítésű” (scanning electron microscope, SEM) és transzmissziós, azaz „átvilágításos kiépítésű” (transmission electron microscope, TEM) elektronmikroszkópokra. A 118. ábra TEM és optikai mikroszkóp elvi felépítését hasonlítja össze. Látható a felépítés hasonlósága, de a műszaki megvalósítás természetesen eltérő.

TEM-vizsgálat esetében nagyon vékony (néhány 10 nm) mintát világít át az elektronnyaláb, ami nagy energiájú 100 kV–1 MV (általában: 200–400 kV). A TEM-ben előállítható nagy nagyítású (akár 1.000.000 X), atomi felbontású kép, valamint megjeleníthetők a kristályrácsra diffraktálódott elektronok, a diffrakciós kép is. Vizsgálható energiadiszperzív spektrometriával (EDS) az átvilágított térfogat kémiai összetétele is. A TEM igen hasznos eszköz bizonyos anyagvizsgálati problémák (pl. fázisazonosítás, kristályszerkezet-meghatározás) megoldásában.

A pásztázó elektronmikroszkóppal (SEM) vastag, az elektronnyaláb számára áthatolhatatlan mintákat vizsgálnak 0,5–40 kV (általában: 10–25 kV) energiájú elektronnyalábbal. Ebben az esetben a mintáról visszaverődő és a mintában képződő sugárzásokat detektálva lehet a minta felületéről nagy nagyítású (akár 300 000-szeres) képet kapni. Visszaszórt elektronsugárzás segítségével elemösszetételre (rendszerre) érzékeny képet, a képződött karakterisztikus röntgensugárzást mérve vagy hullámhossz diszperzív spektrometriával kémiai összetételt lehet kapni. Lehetőség van a minta kristályszerkezetének vizsgálatára is a visszaszórt elektron diffrakció mérésére alkalmas detektorral.

A SEM-ek képalkotási és kémiai elemző funkciója más-más fókuszáltságú és intenzitású elektronnyalábbal valósítható meg, amelyek általában egymással ellentétesen változtatható paraméterek. Ezért együttes, tökéletes megvalósításukra nincs lehetőség, csak valamilyen optimalizálásra a kívánt felhasználás szerint.

A 119 a. ábra egy transzmissziós elektronmikroszkópot, a 119b. ábra a Dunaújvárosi Egyetemen üzemelő pásztázó elektronmikroszkópot mutatja.

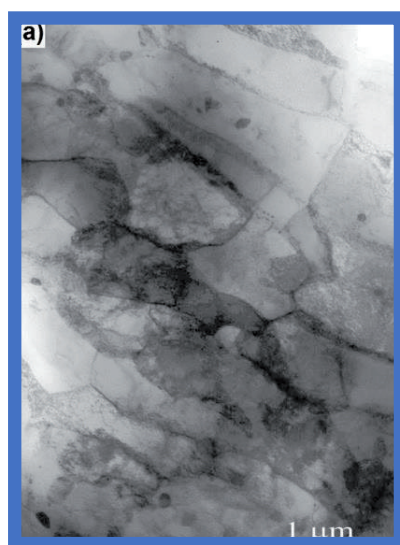
119. ábra. TEM (a) és SEM (b)



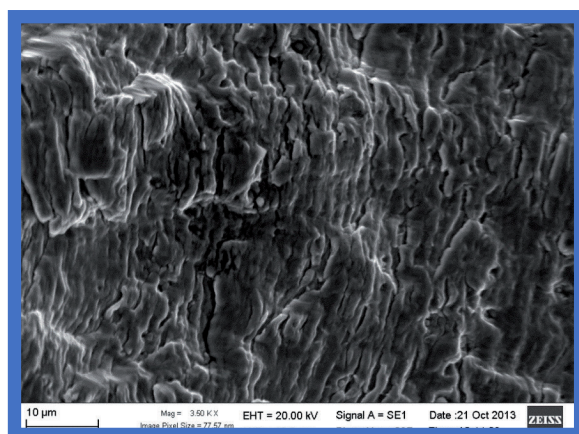
A következőkben néhány példát mutatunk TEM és SEM alkalmazásra. A 120. ábra VVER-440 reaktortartály acél (15H2MFA) diszlokáció szerkezetének TEM-felvételét mutatja. A mintát kisciklusú, termomechanikai fárasztó vizsgálattal az elméleti élettartama 70%-áig fárasztották, majd ott megszakították a kísérletet (CUF = 70%).

A 121. ábra egy törésig fárasztott reaktortartály acél töretfelületének SEM-felvételét mutatja.

120. ábra. Reaktortartály acél diszlokáció szerkezete, megszakított termo-mechanikus fárasztó vizsgálatot követően, TEM [17]



121. ábra. Reaktortartály acélfárasztás után vizsgált töretfelülete, SEM



4.3 MECHANIKAI VIZSGÁLATOK

A mechanikai vizsgálatokkal (gyakran nevezzük roncsolásos vizsgálatoknak) a szerkezeti anyag mechanikai jellemzőit vagy, például hegesztett kötések esetén, a varrat lokális szilárdsági, törésmechanikai, illetve alakváltozási képességét mérik. A mechanikai vizsgálatokat az alapanyagból vagy hegesz-



tett kötésből kivágott próbatesteken végzik el. Ha a vizsgálat céljára külön próbadarab készül, akkor azt ugyanolyan körülmények között (azonos alapanyagból, azonos technológiával, stb.) kell készíteni, mint magát a szerkezetet. A próbatesteket általában forgácsolással készítik. Termikus vágás vagy hidegvágás esetén, amelyek megváltoztatják a próbatest anyagszerkezetét, a próbatestet a vizsgálati hossz mentén megmunkálási ráhagyással kell készíteni, amelyet a próbatest elkészítésekor le kell forgácsolni.

A mérnöki gyakorlatban a szerkezeti anyagok mechanikai tulajdonságait (pl. szakítószilárdság, folyáshatár, keménység) szabványokban rögzített mérőszámokkal minősítik és ezek egyértelmű értelmezése alapján használják az anyagokat a tervezés, a gyártás technológiai utasítások szerint. A mechanikai tulajdonságokat jellemző paraméterek csaknem mindegyike azt mutatja meg, hogy egy meghatározott mechanikai terhelés a szóban forgó anyagot milyen mértékű alakváltozásra kényszeríti. Ennek megfelelően, a szakítószilárdság az a feszültség, amely egytengelyű húzóterhelés hatására az egyenes nyúlás kimerülésével és a helyi kontrakció (keresztmetszet-csökkenés) megindulásával jár. A rugalmassági határ az a maximális feszültség, mely csak rugalmas alakváltozást okoz, és a feszültség megszűntével az alakváltozás még éppen eltűnik. A keménység az a szám, mely megmutatja, hogy egy pontosan meghatározott alakú szerszám adott nagyságú terhelés hatására mekkora nyomot hagy az anyagban stb. A mechanikai tulajdonságok nem csak egy adott berendezés szerkezeti épségével, azaz biztonságával kapcsolatosak, hanem nagymértékben függ tőlük a berendezés tömege, mérete, üzemideje és a termelés gazdaságossága.

4.3.1 Szakítóvizsgálat

A szakítóvizsgálat a mérnöki gyakorlatban a mechanikai tulajdonságok jellemzésének leggyakrabban alkalmazott eljárása. A szakítógépeken (vagy újabban univerzális anyagvizsgáló gépeken) a – szabványban meghatározott méretű – próbatest végeit a befogó pófának nevezett készülékbe erősítik. Ezek egyike áll, a másikat pedig egy meghajtószerkezet egyenes sebességgel távolítja az álló befogótól. Az állandó sebességű meghajtás következtében minden pillanatban a próbatestre a befogó pófákon keresztül akkora erő hat amekkorára szükség van a próbatest állandó sebességgel történő alakváltozásához. A névleges alakváltozási sebesség a következő:

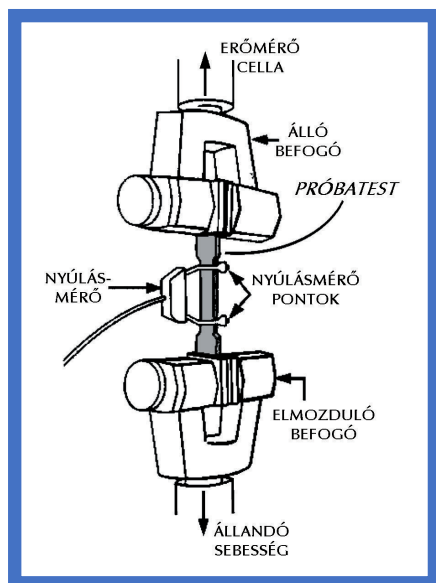
$$\dot{\epsilon} = \frac{d\epsilon}{dt} = \frac{1}{L_0} \frac{dL}{dt} = \frac{1}{L_0} v$$

ahol ϵ a fajlagos nyúlás, t az idő, L_0 a próbatest eredeti hossza, L a megnyúlt hossz és $\frac{dL}{dt}$ a szakítógép mozgó befogófejének sebessége.

A 122. ábra egy szakítógép munkaterének vázlatát szemlélteti [18]. A korszerű szakítógépek sebességét változtatni lehet, mert a szabvány – bizonyos esetekben – előírja az alakváltozási sebességet is (annak változtatásával ugyanis befolyásolni lehet a szilárdsági jellemzőket). A próbatest egyik befogója és az álló keresztfej közé erőmérő cellát helyeznek el, amely régebben mechanikus, ma már elektronikus eszközökkel felrajzolja a mindenkori F erőt a hozzá tartozó ΔL megnyúlás függvényében.

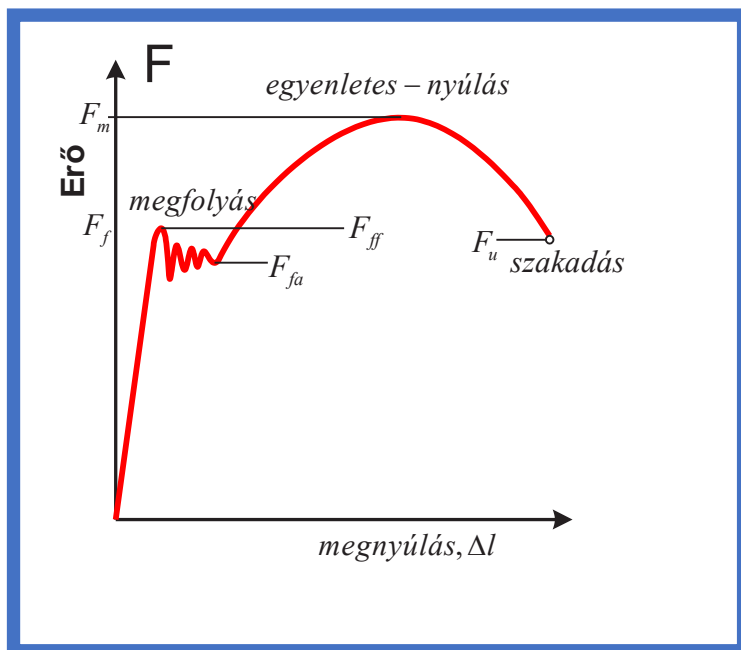


122. ábra. Szakítógépek munkaterének vázlata



Az automatikusan felrajzolt $F = f(\Delta L)$ görbéből adódik – a koordinátatengelyek megfelelő átskálázása után – a $\sigma = g(\epsilon)$ feszültség–alakváltozás görbe, azaz a szakítódiaagram. Lágyacél jellegzetes szakítódiaagramját mutatja az 123. ábra. A szakítódiaagramból kivehetők, illetve segítségével kiszámolhatók a legáltalánosabban használt mérőszámok, mint a szakítószilárdság, a folyáshatár, a fajlagos nyúlás és a fajlagos keresztmetszet-csökkenés (kontrakció).

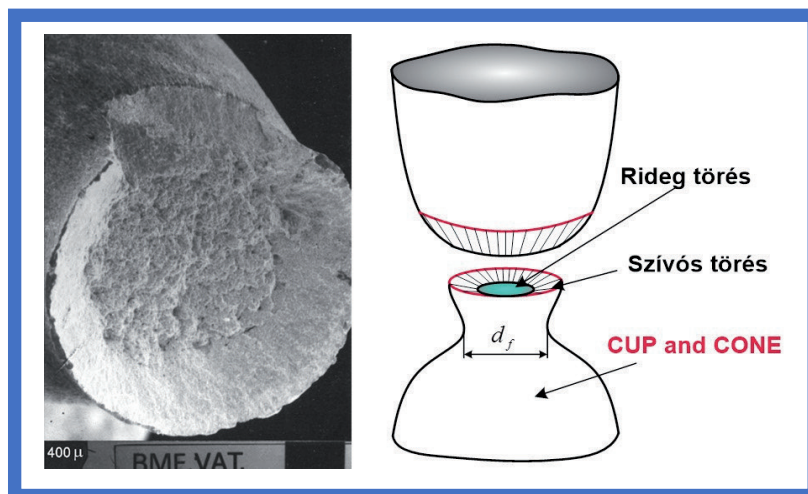
123. ábra. Szakítógörbe



Egy elszakított hengeres, lágyacél próbatest jellegzetes, kúpos-kráteres, nyírt peremes töretének (*cup and cone fracture with „shear” lip*) SEM-felvételét, illetve a törés sématiszus vázlatát mutatja a 124. ábra.

A 125. ábra egy korszerű, szervohidraulikus működtetésű univerzális anyagvizsgáló gépet mutat, ami nemcsak környezeti hőmérsékleten, hanem attól eltérő hőmérsékleteken (-180°C -tól egészen 1200°C -ig) képes szakító-, nyomó-, fárasztó- és törésmechanikai vizsgálatok végzésére.

124. ábra. Lágyacél szakítópróbatétel törete



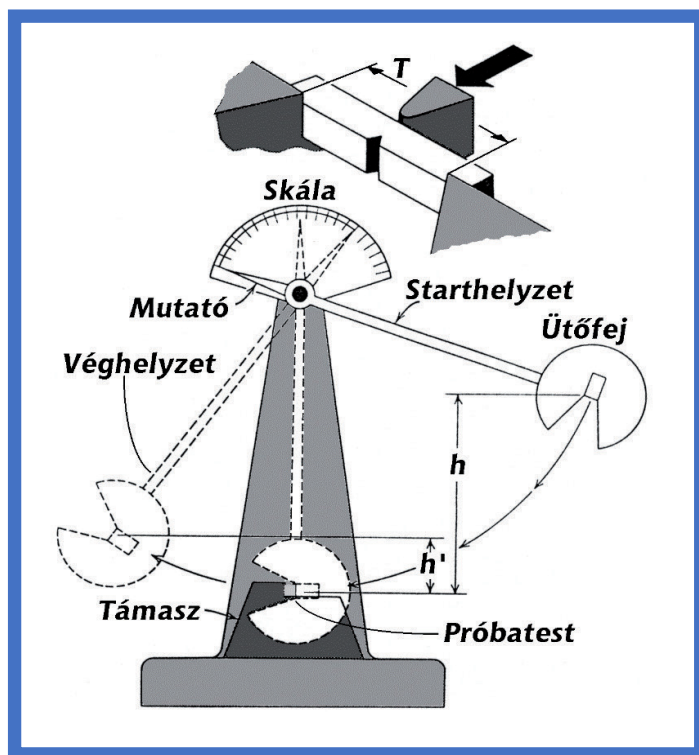
125. ábra. Korszerű univerzális anyagvizsgáló gép



4.3.2 Ütővizsgálat

Ismert, hogy az anyagok mechanikai tulajdonságai jelentősen változnak az állapot tényezők függvényében. Ezek a hőmérséklet, a terhelés sebessége és a próbatest feszültségi állapota. A szakítóvizsgálat egy kvázi-statisztikus vizsgálat és az így meghatározott ismeretek dinamikus terhelési körülmények között nem alkalmazhatók. Ennek áthidalására nyújt lehetőséget a dinamikus ütővizsgálatot, amelyet a módszert kidolgozó mérnök után Charpy-féle ütővizsgálatnak neveznek. Az eljárás lényege az, hogy a (szabványban rögzített alakú, többnyire 10x10x55 mm befoglaló méretű, egyik oldalán bemetszett hasáb) próbatestet két ponton megtámasztják, majd annak közepére egy adott mozgási energiájú ingát ütköztetve a próbatestet eltörik. Az ütközés, majd a törés következménye az inga energiájának a csökkenése, ami jellemzi az anyag dinamikus feltételek közötti viselkedését. Az 126. ábrán látható a berendezés vázlata és a mérés elve.

126. ábra. Charpy ütőmű elvi vázlata [18]



A próbatest törése lehet rideg, szívós és a kettő közötti átmeneti jellegű. Elegendő szívósságú anyag esetében előfordul, hogy a próbatest nem törik el, csak meghajlik. A legkevesebb energiát a ridegtörés igényli, és a szívós törés fogyasztja a legtöbbet. A törés jellege az ütőmű kalapácsának a sebességétől (állapot tényező) is nagymértékben függ, ezért az eltérő sebességű ingával mért értékek nem vethetők össze, és ennek következtében a törethelyzet minősége is eltérő. Megjegyezzük, hogy a bemetszés egyértelműen háromtengelyűvé teszi a terhelést annak megindulásától kezdve, ami a második állapot tényező. A harmadik – és az anyag dinamikus viselkedésére talán leginkább ható – állapot tényező a hőmérséklet.

Az atomerőművek esetében az ütővizsgálatnak első sorban a reaktortartályok szerkezeti integritásának elemzésében, pontosabban a reaktortartályfal ridegtöréssel szembeni ellenállásának az ellenőrzésében van szerepe. A reaktortartályokat úgy tervezik és gyártják, hogy üzemidejük alatt ne sérüljenek

meg, aminek legdrasztikusabb formája a ridegtörés, azaz a tartályfalban található repedés instabil terjedése és a fal teljes keresztmetszetű törése. A tartályfal szerkezeti anyaga eredetileg szívós állapotú, de az aktív zóna magasságában lévő tartályfalat az üzemelés alatt érő gyorsneutron fluxus azt rideg állapotúvá teszi. Az elridegedési folyamat a reaktortartály nyomástartó fala szerkezeti anyagának (térközepes köbös rácsszerkezetéből adódó) sajátossága.

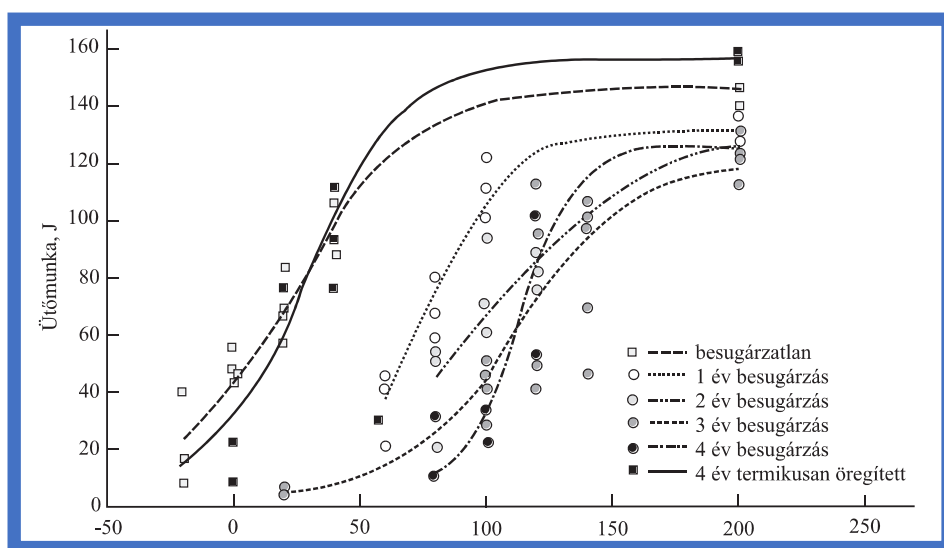
A reaktortartály-acélokra alacsony hőmérsékleten a rideg viselkedés jellemző, azaz itt, az adott körülmények között egy repedés hasadással terjed. A hőmérséklet növekedésével fokozatosan növekszik a hasadást megelőző képlékeny repedésterjedés aránya, míg végül az anyag teljesen szívósan viselkedik. Létezik egy átmeneti hőmérséklet-tartomány, amelyben együttesen van jelen a rideg és a szívós törési mechanizmus. Ennek a folyamatnak az eredményét a szívós-rideg átmeneti hőmérséklet-görbével lehet leírni.

A sugárkárosodási folyamat kinetikájának, azaz a reaktortartály állapotának a monitorozása céljából a reaktortartályokba ún. felügyeleti próbatesteket helyeznek el, amelyek anyaga és kiinduló állapota megegyezik a monitorozandó szerkezeti részek (alapanyag, varratfém, hőhatásövezet) anyagával és kiinduló állapotával. Ezek között vannak Charpy ütőpróbatestek. A reaktor üzemelési időszakában, meghatározott időközönként próbatesteket vesznek ki és vizsgálják azokat. A szívós-rideg átmeneti hőmérséklet meghatározása a Charpy ütővizsgálatok eredményeire illesztett átmeneti hőmérséklet görbe alapján történik. A különböző hőmérsékleteken elvégzett ütővizsgálatok során mérik az ütőmunkát (KCV), azaz a próbatest eltöréséhez felhasznált energiát, az oldalirányú expanziót (EXP), azaz a próbatestütés irányára merőleges oldalának alakváltozását és/vagy a töretfelület szívós jellegű hányadot (SZT). Az ütővizsgálatok eredményét a következő függvényvel közelítik:

$$KCV, EXP, SZT = A + B \tanh\left(\frac{T - T_0}{C}\right)$$

ahol A, B, C és T_0 állandók, T a vizsgálat hőmérséklete. A függvényből a maximális ütőmunkát, egy adott ütőmunka (az átmeneti hőmérséklet eltolódásának meghatározásához általában 41 J), a 0,9 mm oldalirányú expanzió, valamint az 50% szívós töretfelülethányad-értékhez tartozó átmeneti hőmérsékleteket határozzák meg. A 127. ábra egy valódi reaktortartály hegesztési varratának szívós-rideg átmeneti hőmérséklet-változását mutatja be kiinduló és különböző mértékig besugárzott állapotban [19].

127. ábra. Reaktortartály átmeneti hőmérséklet-változása gyorsneutron sugárzás következtében



4.3.3 Fárasztóvizsgálat

A szerkezetek váratlan meghibásodásának, törésének egyik leggyakoribb oka a fáradás. A műszaki gyakorlatban még napjainkban is az anyagok/alkatrészek tönkremeneteleinek 90%-a vezethető vissza fáradásra. Meg kell jegyeznünk, hogy fáradás esetében a terhelőfeszültség nem éri el az anyag folyáshatárát. Időben váltakozó (ciklikus) igénybevétel gyakorlatilag minden mérnöki szerkezet alkatrészeit terheli és a terhelés nagysága és annak időbeli változása az esetek túlnyomó többségében nem ismert. Így van ez a hidak szerkezetébe épített anyagoknál, a daruknál, nem beszélve a forgó vagy más jellegű mozgást végző alkatrészekről, mint amilyenek a gépjárművek tengelyei. Atomerőművek technológiai rendszereiben is megtalálhatók ezek és hasonló terhelésű berendezések, mint pl. a különböző épületszerkezetek, a szivattyúk és armatúrák, de ide sorolandók a nyomástartó berendezések is, amelyek váltakozó mechanikai- és hőterhelésnek vannak kitéve, amikor felhevítik és nyomásra hozzák vagy lehűtik és lecsökkentik a nyomásukat.

A fáradásos törés oka lehet a hirtelen túlterhelés, a terhelés gyakori és nagy ingadozása és az ismétlődő igénybevételek túl nagy száma. Ezeken kívül még fontos a feszültségkoncentrációk helyek jelenléte, a hőmérséklet ingadozása, a korrózió, az anyag belső feszültségeinek nagysága és eloszlása, az anyag szerkezete, a többtengelyű feszültségi állapot, amelyek mint külső vagy belső befolyásoló tényezők majdnem minden berendezés működésénél jelen vannak.

Fárasztóvizsgálatokkal azt határozzák meg, hogy egy adott feszültséggel vagy alakváltozással hányszor terhelhető az anyag vagy a szerkezet, azaz mennyi a lehetséges N igénybevételi ciklusszám. A vizsgálatot több különböző feszültség- vagy alakváltozás amplitúdóval végzik és meghatározzák a törés bekövetkezéséhez tartozó ciklusszámot. A nagyciklusú fárasztóvizsgálatokat ($N > 10^4$) általában állandó feszültség-amplitúdóval végzik, míg a kisciklusú fárasztóvizsgálatokra ($N < 10^4$) az állandó alakváltozás-amplitúdó a jellemző.

A fárasztásnak kitett anyagok paraméterei meghatározására ciklikusterhelés megvalósítására alkalmas laboratóriumi berendezéseket használnak, melyeken a terhelés és annak időbeli változása szinte korlátozás nélkül változtatható és mérhető. A fárasztóvizsgálatok és berendezéseik döntően két csoportba sorolhatók. Az egyikbe a forgó-hajtógató fárasztást soroljuk, amelynél a terhelésből adódóan hajlítással terhelt próbatest forgása közben méri a fordulatoknak azt a számát, amely jellemző a kifáradásra. A másik esetben a vizsgálandó anyag teljes keresztmetszetében azonos feszültséget keltenek meghatározott feszültség-idő függvény szerint, többnyire húzó-nyomóterheléssel, amit többnyire hidraulikus úton hoznak létre.

Atomerőművek nyomástartó berendezéseiben és csővezetékeiben a hőmérséklet változása vagy a hideg és meleg közeg gyors betáplálása okozta hőfeszültség előidézte fáradás a kisciklusú fáradás tartományába esik. A kisciklusú fáradás során a feszültség és az alakváltozás közötti kapcsolat erősen nemlineáris, nagy alakváltozások jönnek létre, ezért a feszültség állandó értéken tartása sok körültekintést és bonyolult vizsgálattechnikát igényel. Emiatt a kisciklusú fáradás vizsgálatát állandó alakváltozás-amplitúdó mellett végzik, amely során az egyes ciklusokban a feszültség értéke változik, annak megfelelően, hogy a vizsgálati anyag felkeményedik vagy lágyul az ismételt igénybevétel hatására. További fontos vizsgálattechnikai kérdés a hőmérséklet és a mechanikai terhelések kapcsolata. Atomerőművi berendezések esetén általában állandó hőmérsékleten végzik a fárasztó vizsgálatot. Ezek azonban figyelmen kívül hagyják a hőmérséklet transziensek következtében fellépő hőfeszültségek hatását. A valós üzemi körülményeket jobban közelítik a termomechanikai fárasztóvizsgálatok, amelyek lehetőséget nyújtanak a mechanikai ciklusokkal párhuzamosan hőmérsékleti ciklusokat működtetni a próbatestre, így a berendezés tényleges terhelése pontosabban modellezhető.

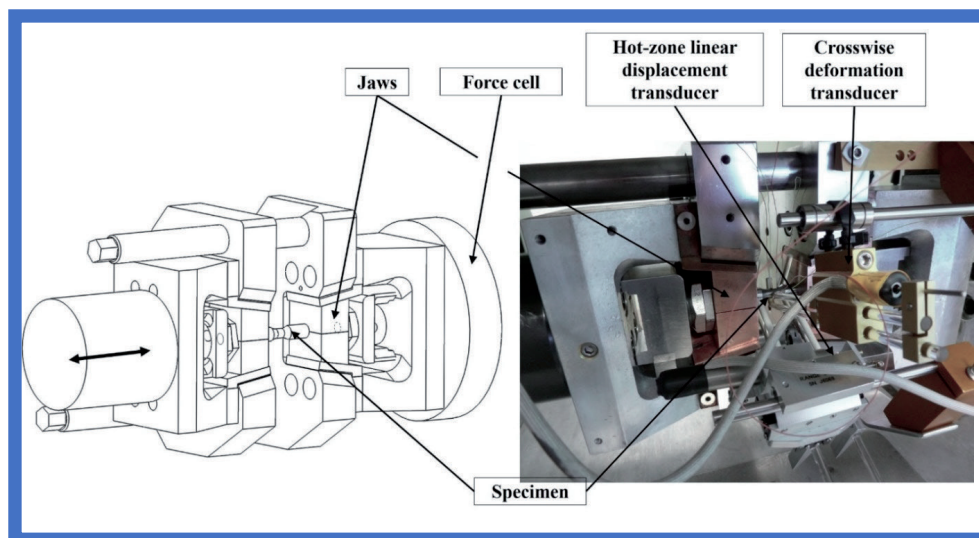


A kisciklusú fárasztóvizsgálatokhoz merev, nagy rugóállandójú berendezéseket használnak, amelyen a keresztfej elmozdulása megfordítható, és a húzó-nyomó igénybevételhez szükséges alternáló mozgás a próbatest hossz-, illetve keresztirányú mérete szerint vezérelhető. Általában elektronikus vagy elektrohidraulikus mozgató berendezést alkalmaznak, amellyel a vezérlés könnyen megvalósítható.

Anyúlásmérés történhet hossz- és keresztirányú extenzométerek alkalmazásával. Termomechanikus fárasztás során és növelt hőmérsékleten történő mérésekhez optikai elven működő érzékelőket, vagy megfelelő hőálló anyagú tapintóval rendelkező elmozdulásmérőket használnak. A próbatest előírt hőmérsékletre történő felfűtése történhet konvektív módon klímakamrában, indukciós tekercsekkel, valamint ellenállásfűtéssel. A hűtés a befogó pofákon keresztül vízhűtéssel, a próbatestre szórt vízpermettel, valamint a próbatestre fűtő levegővel lehetséges.

Kisciklusú fárasztó vizsgálat megvalósítható a 125. ábrán bemutatott univerzális anyagvizsgáló berendezéssel. Megvalósítható más célberendezés megfelelő kialakításával is, mint pl. a Dunaújvárosi Egyetem Gleeble fizikai szimulátora. Ez utóbbira mutat példát a 128. ábra.

128. ábra. Reaktortartály-acél kisciklusú fárasztása a Gleeble-szimulátoron.



4.3.4 Keménységvizsgálat

A keménységmérés (vagy keménységvizsgálat) egyszerű és gyors mérési eljárás, amely olyan mutatószámok meghatározására szolgál, amelyekből közelítő és összehasonlító adatok nyerhetők a bonyolultabb szakítóvizsgálattal nyert paraméterekre. Meg kell jegyezni, hogy a keménységértékből becsült folyáshatár vagy szakítószilárdság soha nem fogadható el olyan bizonyossággal, mint a szakítóvizsgálattal meghatározott érték.

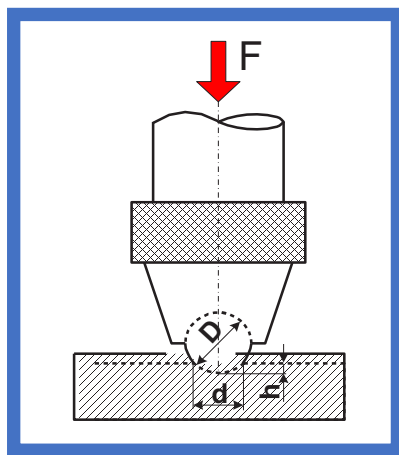
A módszer lényege az, hogy egy edzett acélból, keményfémből vagy gyémántból készült, pontosan meghatározott geometriájú szűrőszerszámot (behatolótestet) a mérendő anyag felületére merőlegesen ható, előírt nagyságú terheléssel nyomnak a felületbe, ami nyomot hagy az anyagban. A keménységi mérőszámot a szűrőszerszám által okozott lenyomat nagysága vagy mélysége és a terhelés mértéke alapján határozzák meg. A keménységmérés nem roncsolja a munkadarabot, mint pl. a szakítóvizsgálat,

így az a kész munkadarabon is elvégezhető annak számottevő károsodása nélkül. Ezért a keménységmérést gyakran a roncsolásmentes anyagvizsgáló eljárások közé sorolják.

Brinell-keménységmérés:

A Brinell-keménységmérés a legelterjedtebb eljárás, amelynek során egy edzett acélból vagy keményfémből készített golyót nyomnak F erővel a mérendő darab előkészített felületére. A szűrőszerszám okozta lenyomatról feltételezik, hogy az egy deformálatlan golyó okozta gömbsüveg, amelynek átmérője azonos a szűrőszerszámmal, lásd a 129. ábra.

129. ábra. Brinell-keménységmérés elvi vázlata.



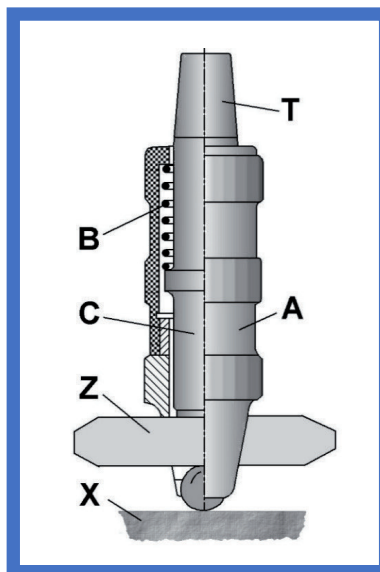
A Brinell-keménységmérés mérőszáma (HB) az F erőnek és a lenyomat felületének a hányadosa:

$$HB = \frac{2 F}{\pi D \left(D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)}$$

Az összefüggés minden méretű golyóra és tetszőleges terhelésre használható. Azonban a mérési eredmények jobb összehasonlíthatósága és a mérés egyszerűbb elvégezhetősége érdekében a szabvány 10 – 5 – 2,5 – 2 és 1 mm átmérőjű golyókat ajánl, és ezekhez 29,42 kN és 9,807 N közé eső nyomóerőket. A vékony és kisméretű munkadarabok, valamint a lágyabb anyagok mérésére kell nagyobb golyót és kisebb terhelést használni, de ugyanezt kell tenni a munkadarabok szélén való méréskor is.

A Brinell-keménységmérés alkalmas arra is, hogy a laboratóriumban telepített mérőberendezéstől távol (pl. az erőmű egy technológiai berendezésén) határozzák meg a keménységet. Ilyen mérésre szolgál a Poldi-kalapács, 130. ábra.

130. ábra. Poldi-kalapács.



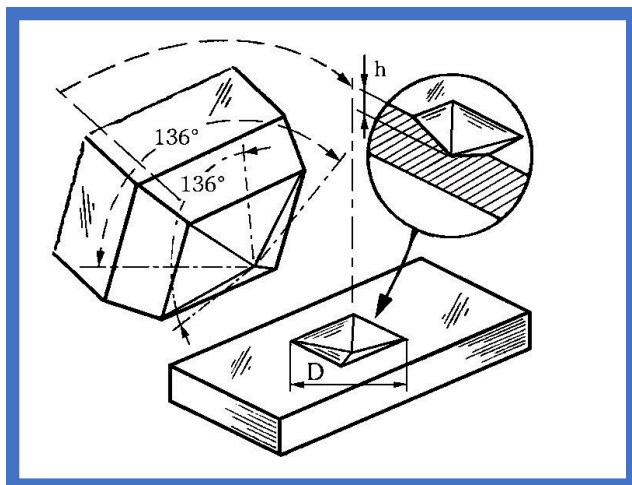
A B rugó a H_{BZ} ismert keménységű, Z anyagot állandó erővel szorítja a berendezés alján elhelyezett 10 mm átmérőjű acélgolyóhoz, a mérőszerszámhoz a C rúd segítségével. Az egész rendszert az A hüvely tartja össze. A mérés úgy történik, hogy a golyót a mérendő tárgyra kell szorítani, az arra merőlegesen álló hüvely segítségével, majd egy kalapáccsal a T tűskére kell ütni. Az ütés következtében a golyó az ismert keménységű darabon D_Z , az ismeretlen keménységű X anyagon pedig D_X átmérőjű nyomot hagy. A keménységek fordítottan arányosak azoknak az átmérőknek a négyzetével, amelyek a két anyagon az ütés okozta benyomódásokon mérhetők, amiből az következik, hogy a vizsgált anyag keresett H_{BX} -keménysége a következő:

$$HB_X = HB_Z \frac{D_Z^2}{D_X^2}$$

Vickers-keménységmérés:

A golyó szűrőszerszámot használó keménységmérési eljárásnál a lenyomatátmérő mérésének a bizonytalanságát úgy lehet elkerülni, hogy olyan szerszámot használnak, amelynek a lenyomatát – a terheléstől és a lenyomat méretétől függetlenül – azonos pontossággal lehet meghatározni. Ilyen szerszám a gúla és a kúp. A 136°-os lapszögű, négyzetalapú, egyenes gúlát alkalmazó Vickers-keménységmérés abban hasonlít a Brinell-eljáráshoz, hogy szintén a terhelőerőnek és a lenyomat felületének a hányadosát használja mérőszámként. A mérőgúla anyaga gyémánt. Ezzel a módszerrel csökken a mérési pontatlanságból eredő bizonytalanság, és az is, hogy a golyó a nagy terheléseknél maga is deformálódik. A Vickers-keménységmérés elvi vázlatát a 131. ábra mutatja.

131. ábra. Vickers-gyémántgúla és lenyomata.

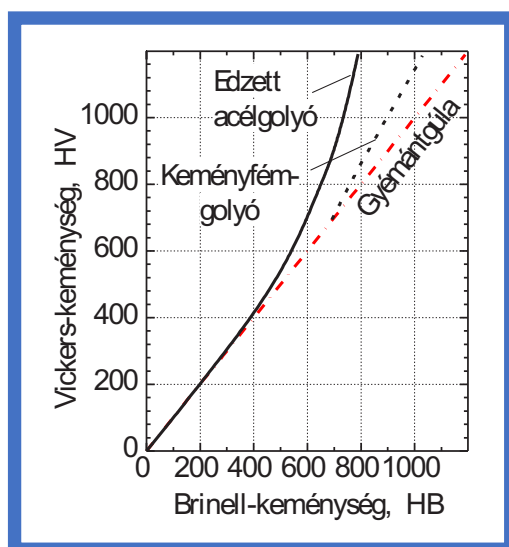


A lenyomat területének meghatározásához annak átlót mérik meg. Előfordul, hogy a két lenyomat-átló nem azonos hosszúságú. Ennek oka lehet a felület egyenlőtlensége, vagy az, hogy a terhelés nem volt merőleges a felületre, de lehet az anyag mikroszerkezeti egyenlőtlenségeinek a következménye és a lenyomat okozta képlékeny alakváltozás is. Ezért mindkét átlót le kell mérni, és azok átlagát kell az egyenletben figyelembe venni. A Vickers keménység mérőszáma (HV), ha az erő mértékegysége N, a lenyomaté mm:

$$HV = 18,192 \frac{F}{D_{\text{átl}}^2}$$

A Brinell- és a Vickers-keménység mérőszámai csak azoknál a szerkezeti anyagoknál vethetők össze, amelyek keménysége jóval alatta marad a Brinell-golyó keménységének, azaz ahol a golyó alakváltozása elhanyagolható. Az 132. ábra mutatja a két keménységmérés mérőszámainak kapcsolatát.

132. ábra. A Brinell- és Vickers-keménység kapcsolata



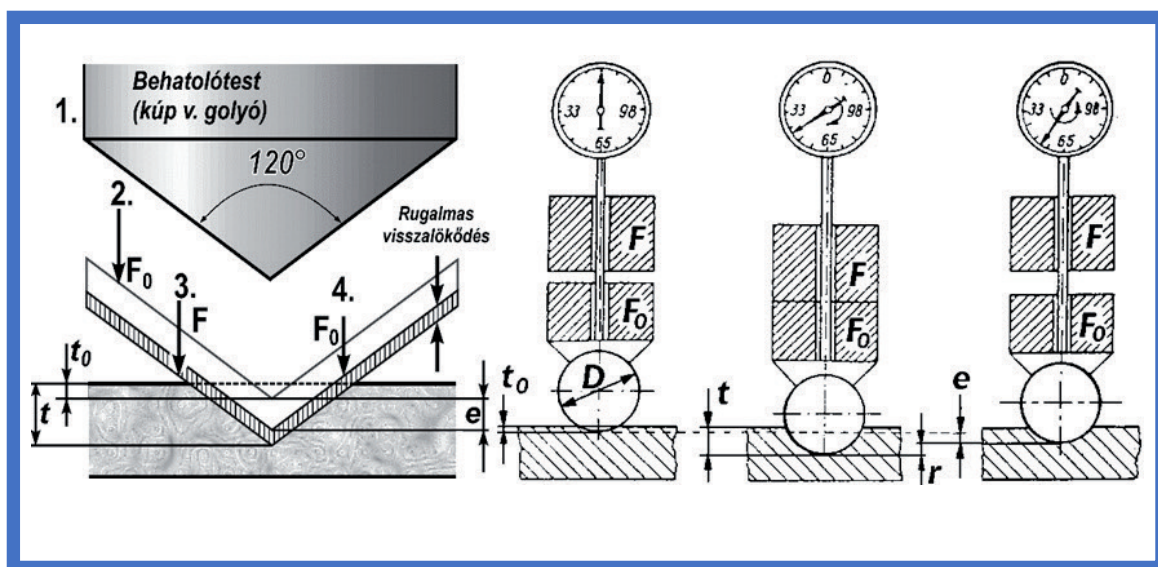
A szabvány elírja, hogy a Brinell-keménységet edzett golyóval 450 HB, keménységű golyóval 650 HB értékig lehet használni. A keményebb anyagoknál kisebb értékek adódnak a Brinell-mérésből, mert a golyó is deformálódik, és ezért nagyobb lenyomat keletkezik.

Rockwell-keménységmérés:

Úgy a Brinell-, mint a Vickers-eljárás esetében meg kell mérni a lenyomat valamilyen kiterjedését, és ennek pontossága attól is függ, hogy a mérendő felület mennyire tekinthető síknak. Ezt a Rockwell-keménységmérési eljárás megkerüli azzal, hogy nem a lenyomat felületének valamely méretére, hanem annak mélységére vonatkoztatja a keménységet, amit egy, a keménységre kalibrált mérőóra azonnal mutat. Az eljárás másik előnye, hogy nem kell a felületet gondosan megmunkálni, mert egy $F_0 = 98,1$ N nagyságú előterhelés kiküszöböli az egyenetlenségeket, ugyanis azt a mértékadó benyomódást, amit az F_1 főterhelés okoz, mindig az előterhelési mélység szintjéhez mérten határozzák meg.

A Rockwell-eljárás többféle lehetőséget kínál a keménységmérésre, amelyek a következők: 120°-os gyémántkúp, 1/8 vagy 1/16 hüvelyk átmérőjű acélgolyó. Ezzel összhangban többféle mérőszerszámot használnak a vizsgálandó anyag milyensége szerint, továbbá még a főterhelés nagyságának a kiválasztásával is megkönnyíti a mérést. A főterhelések nagysága rendre 589 N, 981 N vagy 1472 N. Az előterhelés minden Rockwell-mérésnél 9,81 N. A 133. ábra mutatja a Rockwell-keménységmérés elvét.

133. ábra. Rockwell-keménységmérés elve



A mérés menete az, hogy először az F_0 előterheléssel bocsátják a mérőszerszámot az anyagra, és ebben a helyzetben zéruspontra állítják a mérőórát. Ezután megterhelik a szerszámot az F főterheléssel, végül megszüntetik a főterhelést, és az előterhelés megtartása mellett leolvassák a keménységet.

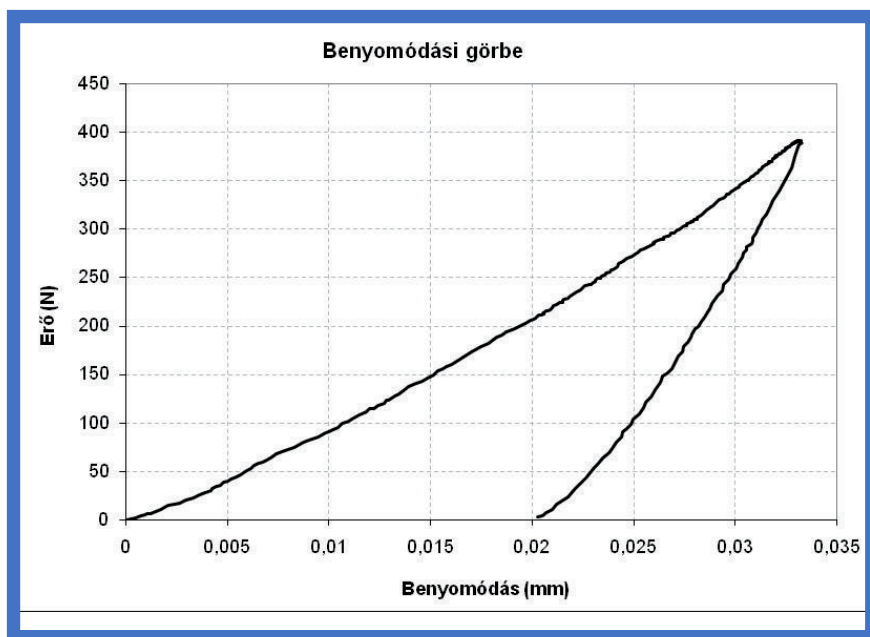
Műszerezett keménységmérés:

Üzemelő atomerőmű csővezetékei anyagának hosszú távon rendelkeznie kell a szükséges szilárdsági tulajdonságokkal. Ha nem oldható meg próbatestekkel történő monitorozás, akkor akár egy-egy, bizonyos időszakonként (pl. 100 000 üzemóra) kivágott csődarabon igazolják a tulajdonságok meglétét. A kivágás kiváltható az ún. műszerezett keménységméréssel (*Automated Ball Indentation Test, ABIT*).

Ez a helyszínen elvégezhető mérés nem hagyományos keménységmérés, hanem a mérés közben rögzített erő-benyomódás-diagram kiértékelése [20].

Egy erő-benyomódás görbét mutat a 134. ábra.

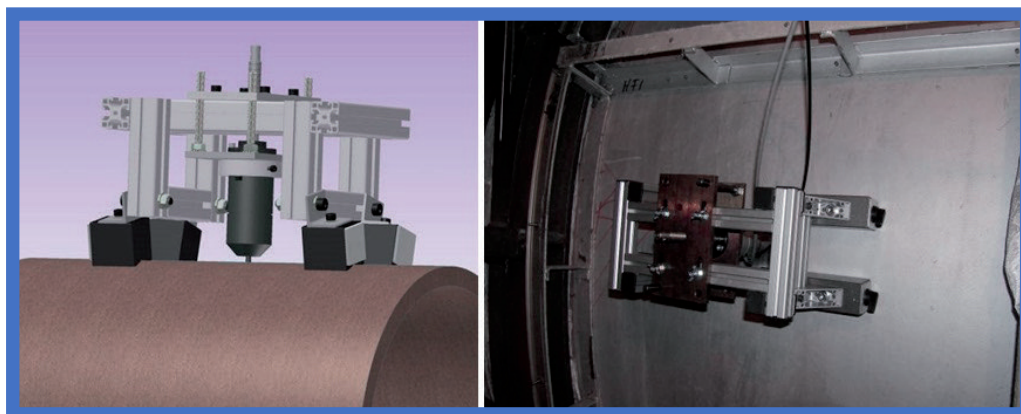
134. ábra. Erő-benyomódás görbe [21]



Az ABIT-módszer lényege, hogy a mérési pontban ciklikusan növekvő-részben visszacsökkenő terheléssel veszik fel a benyomódási görbét. Minden ciklusban megméri a leterhelés-merekséget és iterációs módszerekkel meghatározzák az adott ciklusra jellemző paramétereket (maximális terhelés, bemélyedés, lenyomatátmérőjét stb.). Ebből meghatározható a folyáshatár, a valódi feszültség-valódi képlékenynyúlás-diagram és a szakítószilárdság.

A 135. ábra baloldali képén a Paksi Atomerőműben alkalmazott készülék 3D illusztrációja, jobboldali képén maga a műszer látható mérés közben.

135. ábra. Műszerezett keménységmérő berendezés (modell és tényleges mérés) [21]



A műszerezett keménységmérő berendezés rögzítése a mérendő felületre kétféle módon történhet: ferromágneses anyagok (ötvöztelen és alacsonyán ötvözött acélok) esetén állandó mágnesek segítségével, ausztenites korrózióálló acélok esetén pedig hevederekkel. Hevederes rögzítés alkalmazható abban az esetben is szénacéloknál, ha a berendezés mérendő felülete nem teszi lehetővé a mágnesek alkalmazását.

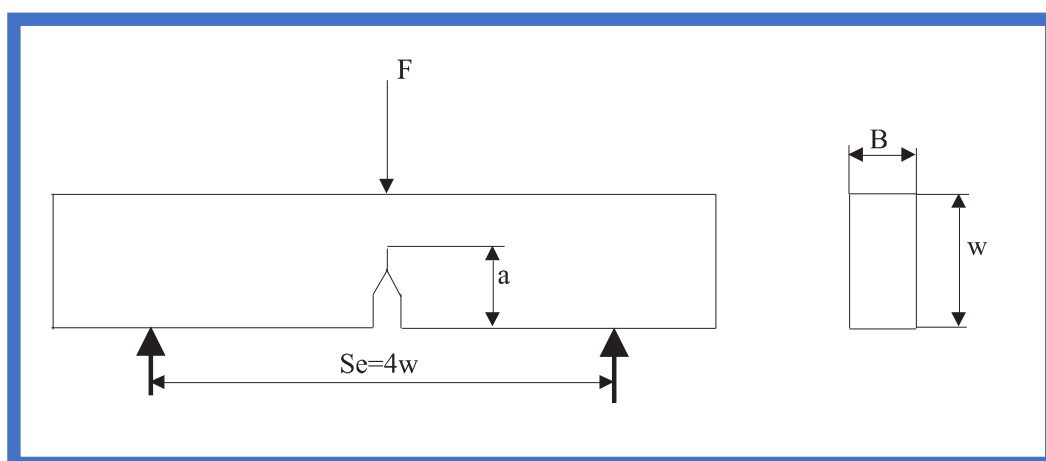
4.3.5 Törésmechanikai vizsgálatok

A törésmechanika a repedést tartalmazó anyagokban a repedés méretétől függően határozza meg azokat a jellemzőket, amelyek ismeretében a tervező megállapíthatja azt a maximális terhelő feszültséget, amit az anyagnak, a törés bekövetkezése nélkül el kell viselnie. A legelterjedtebb törésmechanikai elmélet, a lineárisan rugalmas törésmechanika a K_{IC} kritikus feszültségintenzitási tényezőt tekinti annak az anyagjellemzőnek, amely leírja a repedést tartalmazó anyagnak a töréssel szembeni ellenállását.

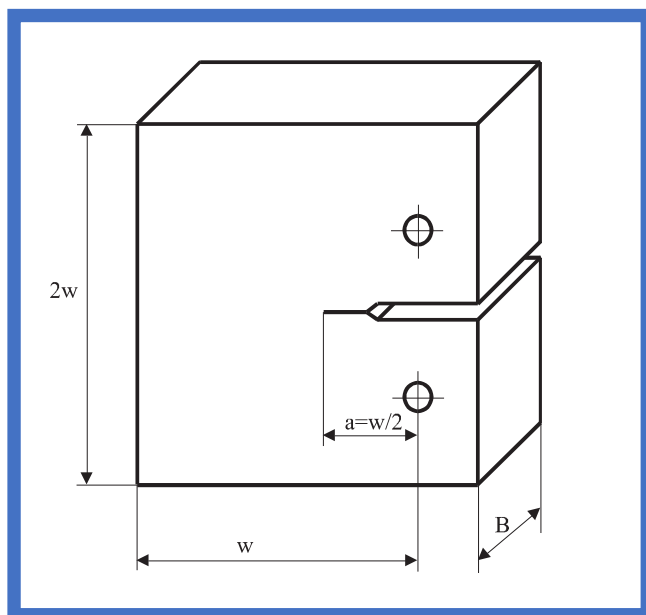
A K_{IC} kritikus feszültségintenzitási tényezőt (síkbeli alakváltozási állapotban mérhető törési szívósságot) hárompontos hajlító- vagy kompakt szakítóvizsgálat segítségével határozzák meg. Mindkettő lényege, hogy a próbatesten forgácsolással kialakított bemetszésből kiindulva további repedést állítanak elő váltakozó terheléssel (fárasztással). Hárompontos hajlító (TPB, *three point bending*) próbatestet mutat a 136. ábra, kompakt szakító (CT, *compact tensile*) próbatestet mutat a 137. ábra. A próbatestek jellemző méreteit és a feszültségintenzitási tényező meghatározására szolgáló egyenleteket szabványok, illetve kézikönyvek tartalmazzák. A síkbeli alakváltozási állapot biztosítása érdekében a próbatestek legkisebb vastagságát a következő összefüggés adja meg:

$$B \geq 2,5 \left(\frac{K_{IC}}{R_{eH}} \right)^2$$

136. ábra. Hárompontos hajlító próbatestet

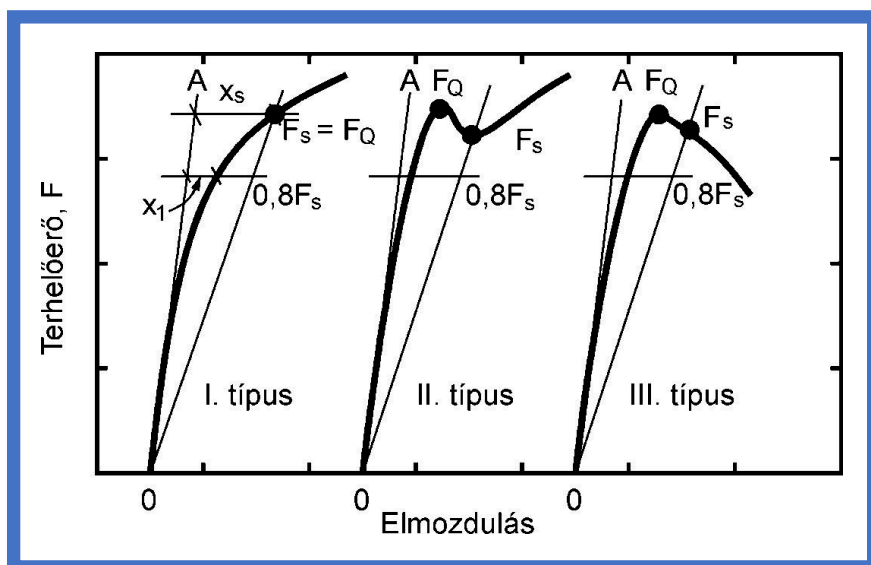


137. ábra. Kompakt szakító próbatest



A vizsgálatot statikus terheléssel végzik, a feszültségintenzitás növelésének a sebessége 20–85 MPa $\sqrt{\text{m/s}}$, az időtartam 30–300 s, az erőmérés pontossága $\pm 1\%$. A bemetszés kinyílásának alapján lehet meghatározni a próbatest deformációját és a repedésterjedés kezdetét. A törési szívósságot a regisztrált erő–bemetszés–kinyílás görbe kiértékelése alapján határozzák meg. Az értékelés módszere megtalálható például az MSZ EN ISO 12737 szabványban illetve szakkönyvekben. A 138. ábra három jellegzetes erő–bemetszés–kinyílás görbét mutat be, feltüntetve a kiértékelés során alkalmazott jellegzetes pontokat.

138. ábra. Klc-mérésnél felvett különböző erő–elmozdulás-görbék.



4.4 RONCSOLÁSMENTES VIZSGÁLATOK

A roncsolásmentes vizsgálat egy lehetséges meghatározása a következő: műszaki eljárások kifejlesztése és alkalmazása berendezések anyagának a vizsgálatára oly módon, hogy a vizsgálat végrehajtása ne akadályozza a berendezés későbbi felhasználását és üzemeltethetőségét. A roncsolásmentes vizsgálatok célja a következő:

- ◆ eltérések (anyagfolytonossági hiányok, inhomogenitások) detektálása, helyzetük és méretük meghatározása, valamint értékelése a berendezés integritásának, tulajdonságainak és összetételének az elemzéséhez,
- ◆ berendezések geometriai és anyagai fizikai jellemzőinek a megmérése.

A roncsolásmentesvizsgálat-elnevezés hagyományos angol változata *Non-Destructive Testing (NDT)*, de ezt egyre inkább felváltja a *Non-Destructive Evaluation (NDE)* forma. A két elnevezés közötti különbség lényege abban áll, hogy NDT esetében – amennyiben a hibakeresés a cél – a végtermék a detektált folytonossági hiány (annak helyével, méretével, egyéb tulajdonságaival jellemezve), és a továbbiakról vagy az elfogadási szinteket tartalmazó szabvány vagy egyéb ismeretek (pl. törésmechanikai elemzés) alapján a tervező dönt. Ezzel szemben, ha NDE-ről beszélünk, akkor ezzel azt fejezzük ki, hogy az elfogadás (visszautasítás) is része a roncsolásmentes vizsgálati folyamatnak.

Általánosságban kijelenthető, hogy a roncsolásmentes vizsgálatok célja a mérnöki szerkezetek használatra alkalmas állapottól való eltéréseinek a felderítése. Az eltérések lehetnek folytonossági hiányok (repedés, gázhólyag, zárvány, varrat összeolvadási hiány), de lehetnek szövetszerkezeti inhomogenitások, vastagság-csökkenés, deformáció, stb. A roncsolásmentes vizsgálat elvégzését egyidejűleg két különböző cél vezérli. Az egyik az ember és a környezet védelme abban az esetben, amikor a mérnöki szerkezet vagy annak egy eleme, roncsolásmentes vizsgálat által fel nem derített eltérés következtében tönkremegy (törik, lyukad) és a tönkrement szerkezet vagy létesítmény veszélyforrás a környezetére nézve. Ez a „társadalmi” cél. A másik cél a vizsgált szerkezet vagy létesítmény teljesítőképességének, teljesítmény kihasználásának optimalizálását szolgálja, ami „üzleti” cél.

Meg lehet különböztetni egymástól a termék megfelelőségének tanúsítására szolgáló, azaz a minőségellenőrzés kategóriába tartozó (*Quality Control NDT, QC-NDT*), és az üzemelő berendezések további biztonságos üzemeltetésre való alkalmasságának (*Fitness-For-Service, FFS*) eldöntését szolgáló, azaz az üzemeltetés közbeni időszakos vizsgálatokat. Az alkalmazott vizsgálati eljárások mindkét esetben azonosak ugyan, de jelentősen eltér egymástól a vizsgálatok célja (és ennek megfelelően az alkalmazott eszköztár), továbbá különböznek az igények a vizsgáló személy felkészültségével szemben is. Az elmúlt évtizedekben az FFS-vizsgálatok jelentőségének határozott növekedése figyelhető meg. Ez a nagy ipari létesítmények (különös tekintettel az atomerőművekre) fokozatos öregedésével, a szisztematikus élettartam-gazdálkodás térnyerésével, a berendezések öregedéskelésének a bevezetésével, az üzemidő hosszabbítással, tehát az üzemelő berendezések szerepének a felértékelődésével magyarázható.

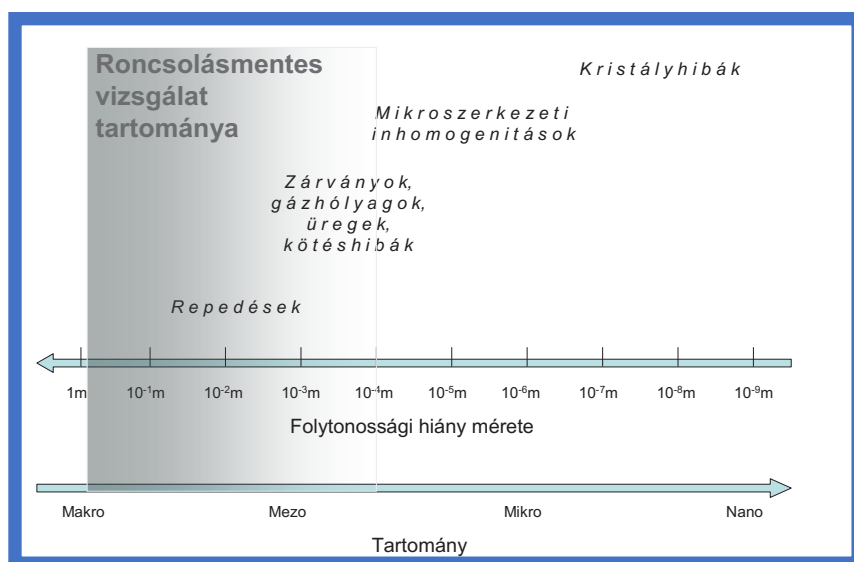
A szerkezeti anyagokban előforduló folytonossági hiányok és egyéb inhomogenitások jellemző mérete a geometriai méret skáláján 10–9 m és 100 m (azaz 1 nm és 1 m) között fordulhat elő. Az alsó tartományban (nagyságrendileg 1 nm és 1 µm között) találhatók a kristályhibák. Az alsó tartomány felső részében vagy afelett helyezkednek el a szemcsehatárokon kialakuló rendezetlenségek, valamint a fémmátrix és a kiválások, illetve zárványok határfelületének inkoherenciájából adódó inhomogenitások. A fémes és nemfémes zárványok, gázhólyagok, üregek, hegesztési kötésihibák mérete általában 10 µm és 1 mm nagyságrend közé tehető.



Veszélyességük miatt külön kell szólni a repedésekről. Fémtani értelemben repedésen a szomszédos atomok egymástól történő olyan mértékű eltávolodását értjük, amikor a köztük lévő kötőerők már nem hatnak; kontinuum-mechanikai értelemben a repedés az alakváltozásmező folytonosságának a megszakadása (diszkontinuitása). Egyik definíció sem foglalkozik a repedés méretének alsó határával. A hibakeresésre használatos roncsolásmentes vizsgálati módszerek kimutathatósági határa a tízed mm környékén van, tehát ettől a mérettartománytól felfelé indokolt repedésekről beszélni. A 139. ábra a folytonossági hiányoknak több nagyságrendet átfogó skáláját mutatja. A jelen képzési anyag tárgyát képező roncsolásmentes vizsgálattal kimutatható folytonossági hiányok tartománya 10–4 m és 100 m között található, a tartományt jeleztük az ábrán.

A következő alfejezetekben a nukleáris iparban leginkább használt roncsolásmentes vizsgálo eljárásokat ismertetjük [19]. Az eljárásokat felületi és térfogati vizsgálo eljárásokra osztottuk. A csoportosítás lényege, hogy felületi vagy felületközei, illetve az anyag térfogatában előforduló folytonossági hiányok kimutatására alkalmazzák azokat. Az eljárások megnevezése után mindenhol feltüntettük az eljárás nemzetközi szinten ismert jelölését, ami az angol elnevezés rövidítése.

139. ábra. A folytonossági hiányok elhelyezkedése a geometriai méretskálán.



4.4.1 Felületi vizsgálatok

A felületi vizsgálatok a munkadarab felületére nyitott vagy a felület alatti, de a felülethez közeli eltérések vizsgálatára szolgálnak.

Szemrevételezéses vizsgálat (VT):

A szemrevételezéses (vizuális) vizsgálat az egyik legrégebben alkalmazott és legegyszerűbbnek tűnő vizsgálati módszer, amelyet az általános felfogás gyakran indokolatlanul lekezel. Fontosságát, alapvetőségét mi sem bizonyítja jobban, mint hogy egy technológiai folyamat befejezését követően, ha sokszor nem is tudatosan, de elvégzésre kerül. Egy hegesztett kötés esetében például az élelőkészítés, maga a hegesztett kötés, vagy a szerkezet egyes tulajdonságai más módon nem, vagy csak nagyon körülményesen meghatározhatók. A vizsgálati módszer alkalmazása nem csak a becslés, a szemmérték használatát jelenti, hanem mérőeszközök, idomszerek segítségével történő számszerű adatok nyeresét is.



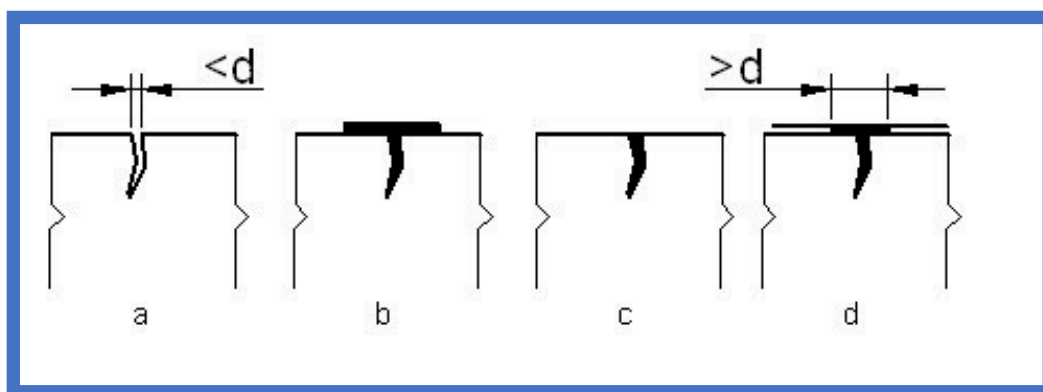
A vizsgálat szakszerű elvégzésének sok feltétele van. Ilyenek: a megvilágítás, a nagyítók alkalmazása, a hozzáférhetőség, a vizsgálatot végző személlyel szembeni követelmények (MSZ EN ISO 9712 szerinti tanúsítás, megfelelő jártasság a szabványokban, a technológia ismerete) stb. Szemrevételezéses vizsgálatoknál a közvetlenül nem hozzáférhető helyeken megengedett és szokásos különböző segéd-eszközök használata, mint pl. tükrök, nagyítók, endoszkópok, TV-rendszerek. Endoszkóp használatakor figyelembe kell venni, hogy nehezen ellenőrizhető a színhelyesség, illetve a méretek meghatározása igen nagy gyakorlatot kíván meg.

Az eljárást felületi repedések, üregek, pórusok, zárványok, geometriai méretek vizsgálatára, illetve a felület általános értékelése céljából alkalmazzák, bármelyik anyagfajta esetében.

Folyadékbehatolási vizsgálat (PT):

A folyadékbehatolási (penetrációs) vizsgálat a felületre nyitott folytonossági hiányok (repedések, pórusok) kimutatására alkalmas, viszonylag egyszerű és kis eszközigényű. Fizikai elve a kapillaritás és a háttérkontraszt. A vizsgálat menetét az 140. ábra mutatja szemléletesen (d az emberi szem felbontó képessége): a megfelelően előkészített (szennyeződéstől, zsírtól, olajtól megtisztított) felületre (a) felhordják az igen kis felületi feszültségű, élénkpiros színű behatoló folyadékot (b), majd a behatolási idő (15 perc, 15–20°C hőmérséklet esetén) letelte után eltávolítják a felesleges behatoló anyagot (c). Az időt a hőmérséklet csökkenése jelentősen hosszabbítja, illetve a magasabb hőmérséklet csökkenti. Ezt követően a felületre felvitt, fehér előhívó anyag kiszívja a folytonossági hiányokból az azokba behatolt jelzőfolyadékot (d), és az eltérések láthatóvá válnak. A fehér előhívóanyagon megjelenő piros behatoló anyag kontrasztja és a hibánál nagyobb kiterjedésű (szélesebb) megjelenése biztosítja a nagyobb felbontóképességet. A hiba kimutathatósága növelhető fluoreszkáló behatoló folyadék alkalmazásával.

140. ábra. Folyadékbehatolási vizsgálat menete



Ügyelni kell arra, hogy a vizsgálat azonos helyen jelentkező hiba esetén legfeljebb 2–3-szor végezhető el egymás után, mert a folytonossági hiányba beszorad a jelzőfolyadék. A vizsgálati anyagok folyadék változatai különböző módon állnak a felhasználó rendelkezésére: a legáltalánosabban használt a hajtógázos palack, ami a legkényelmesebb, de a legköltségesebb is. Különleges esetekben (pl. atomerőműben) a vizsgálószerek összetételét, halogén-, kéntartalom vagy gyúlékonyság, a felhasználás speciális igényéből adódóan figyelembe kell venni.

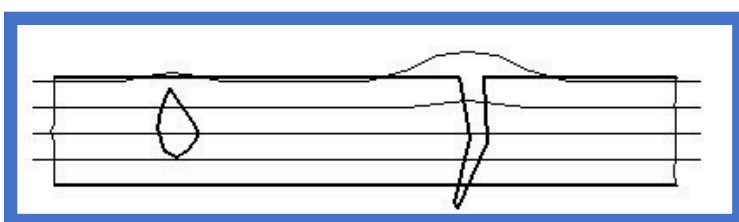
A kiértékelés regisztrálása vázlattal, fotóval, videóval és ritkábban lefejtethető előhívóval, illetve tapadó szalaggal is történhet.

A folyadékbehatolásos vizsgálatot nem mágnesezhető anyagok (ausztenites korrózióálló acélok, nem-vas fémek) esetében kizárólagosan alkalmazzák.

Mágneses vizsgálat (MT):

A mágneses (korábbi elnevezéssel: mágnesezhető poros) vizsgálat ferromágneses anyagokon végezhető el, a felületre nyitott és a felület közvetlen közelében elhelyezkedő folytonossági hiányok kimutatására alkalmas eljárás. Szerkezeti anyagaink közül az ötvözetlen, gyengén ötvözött és egyes közepesen ötvözött acélok tekinthetők a vizsgálat szempontjából ferromágnesesnek. Az eljárás fizikai elve az, hogy a vizsgált darabban haladó mágneses erővonalak a hibák helyén eltérülnek, azaz „kilépnek a felületre” és a mágneses fluxus a levegőben záródik. A felületre felvitt mágnesezhető por (indikáló anyag) a szórt fluxus helyein összegyűlik és információt ad a folytonossági hiány helyéről, lásd a 141. ábra.

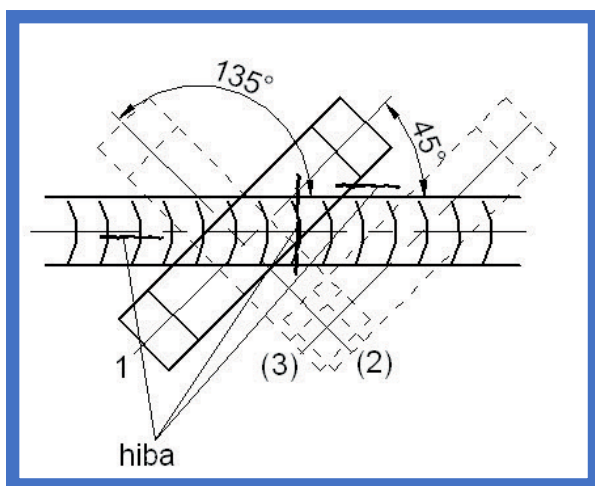
141. ábra. Mágnesezhető poros vizsgálat elve



A munkadarab felmágnesezése többféle módon történhet. A leggyakrabban járommágnest és áramátfolyással történő felmágnesezést használnak. Állandó mágnesek alkalmazására viszonylag ritkábban kerül sor, elsősorban helyszíni vizsgálatok során. A felmágnesezés történhet egyenárammal vagy váltóárammal. Az egyenáramú felmágnesezés alkalmazásának előnye a mélyebb hibakimutathatóság, viszont hátránya a kisebb érzékenység. Mágnesezhető poros vizsgálatnál alapértelmezett esetben váltóáramú (50 Hz) mágneszt alkalmazunk.

A vizsgálat megtervezése és alkalmazása során figyelembe kell venni, hogy a térerősség iránya és a hiba főtengelye között bezárt szögtől függ annak kimutathatósága. Például, hegesztési varratok vizsgálata során a felmágnesezést úgy kell elvégezni, hogy a kereszt- és hosszirányú hibák is kimutathatóak legyenek, lásd az 142. ábrát (a varrat tengelyével 45° , illetve 135° -ot bezáró szöggel, megfelelő átfedéssel).

142. ábra. Hegesztési varrat mágnesezése

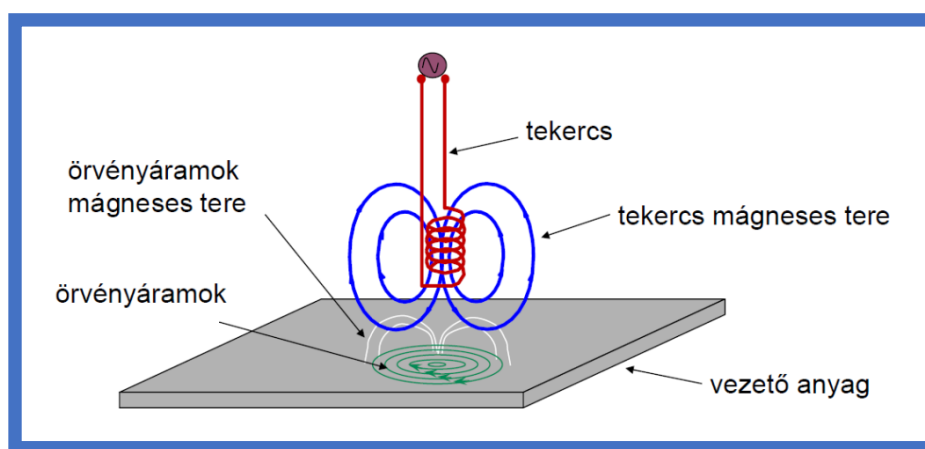


Az indukáló anyag lehet száraz por vagy folyadék formájú. A feketefehér eljárás mellett gyakran alkalmazásra kerül a fluoreszkáló módszer használata. Ebben az esetben az indukáló mágnesezhető por fluoreszkáló anyaggal van bevonva és a kiértékelés ultraibolya fényben történik. Ez bonyolultabbá teszi ugyan a vizsgálatot, de nő a módszer érzékenysége.

Örvényáramos vizsgálat (ET):

Az örvényáramos vizsgálat villamos vezető anyagok vizsgálatára alkalmas. Fizikai elve, hogy a vizsgálandó anyag inhomogenitása (kémiai összetétel, vastagság,...), a felületén található repedések, üregek, zárványok előidézte villamos vezetőképesség és/vagy mágneses permeabilitás-változás detektálható. A 143. ábra mutatja a vizsgálat elvi elrendezését.

143. ábra. Örvényáramos vizsgálat elve.



A váltakozó árammal átjárt vizsgáló tekercset (szondát) közelítik a villamos vezető darabhoz.

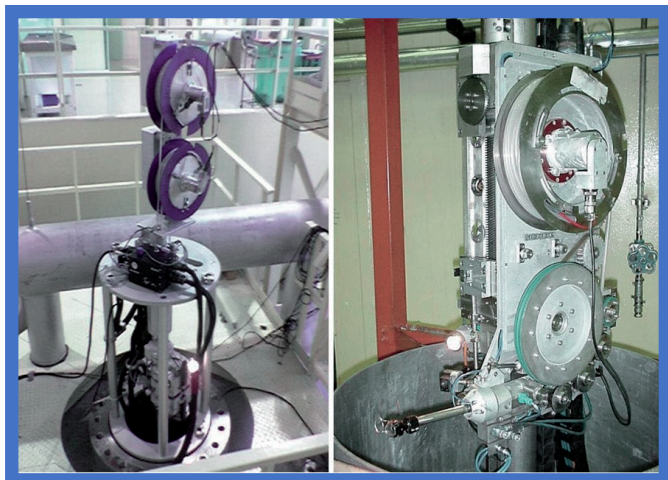
A váltakozó áram mágneses tere örvényáramokat indukál a darabban, amelyeknek szintén kialakul a saját mágneses terük. A megfelelően kialakított szonda érzékeli a két mágneses tér eredőjét. Inhomogenitás vagy folytonossági hiány esetén az eredő mágneses tér eltér a „hibátlan” anyag esetén érzékelt eredő mágneses tértől. Az eltérés – alkalmas hitelesítés mellett – detektálható.

Örvényáramos vizsgálatot atomerőműben jellemzően a hőcserélők hőátadó csöveinek a vizsgálatához alkalmaznak. Az eljárás a gőzfejlesztő hőátadó csövek kizárólagos vizsgálata világszerte.

Az 144. ábra a VVER-440 atomerőmű gőzfejlesztő hőátadó cső örvényáramos vizsgáló berendezésének két részletét mutatja. A baloldali képen a manipulátor látható, amit a primer kollektoron rögzítenek. A jobboldali kép a kollektorban található részt mutatja. Látható a szondapozicionáló, illetve -bevezető cső. Az adatgyűjtés a szonda egyenletes sebességgel történő kihúzása közben történik. Az eljárás teljesen hasonló a VVER-1200 reaktor gőzfejlesztőjénél is.

Ezen kívül örvényáramos vizsgálatot alkalmaznak a töcsavarok menetes részének, valamint a menetes fészkeknek, továbbá a reaktortartály belső, plattírozott felületének a vizsgálatára.

144. ábra. VVER-atomerőmű gőzfejlesztő hőátadó cső vizsgálat



4.4.2 Térfogati vizsgálatok

A térfogati vizsgálatok a darab belsejében található eltérések vizsgálatára szolgálnak. Bizonyos körülmények között felületi hiányokat is lehet velük vizsgálni.

Radiográfiai vizsgálat (RT):

A radiográfiai vizsgálat elsősorban térfogati jellegű folytonossági hiányok kimutatására alkalmas eljárás, de kedvező körülmények között képes detektálni síkszerű hibákat is. A vizsgálat fizikai elve, hogy a kis hullámhosszúságú elektromágneses sugárzás áthatol a szilárd testeken, fémeken. Az elektromágneses hullámok a vizsgálandó darabon való áthaladásuk közben valamilyen mértékben elnyelődnek, azaz intenzitásuk csökken. Az elnyelődés mértéke a darab anyagának gyengítési tényezőjétől és vastagságától függ. Az intenzitásgyengülést a következő képlet írja le:

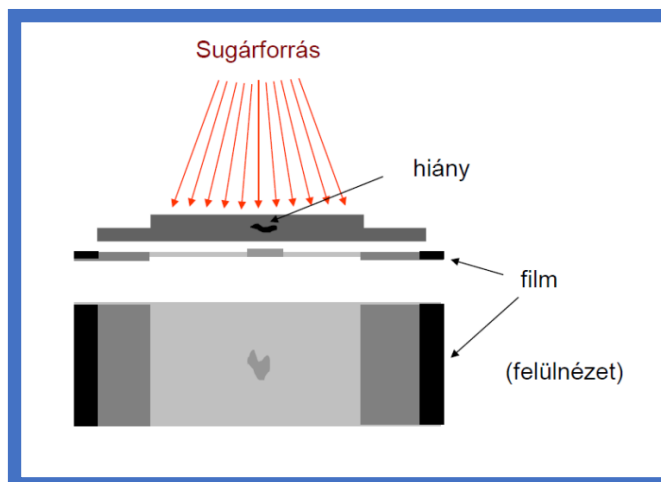
$$I = I_0 \cdot e^{-\mu x},$$

ahol I a sugárzás intenzitása, I_0 az intenzitás kiinduló értéke, μ az anyag gyengítési tényezője és x a vastagsága.

A darabban található folytonossági hiányok az áthaladó sugárzást általában kevésbé gyengítik, ezért a darabból kilépő sugárzás intenzitása nagyobb lesz, amelynek detektálásával a hiány helye, körülménye mérete felderíthető. A detektálást leggyakrabban erre a célra kifejlesztett röntgenfilmekkel végzik. Az utóbbi évtizedben megjelent és terjed a többször felhasználható lemez, illetve a digitálmátrix-detektor (azaz a digitális radiográfia elemei). A lemezről a kép egy kiolvasó eszköz segítségével digitális formában kerül rögzítésre, a mátrixdetektor közvetlenül, digitális formában rögzíti a képet.

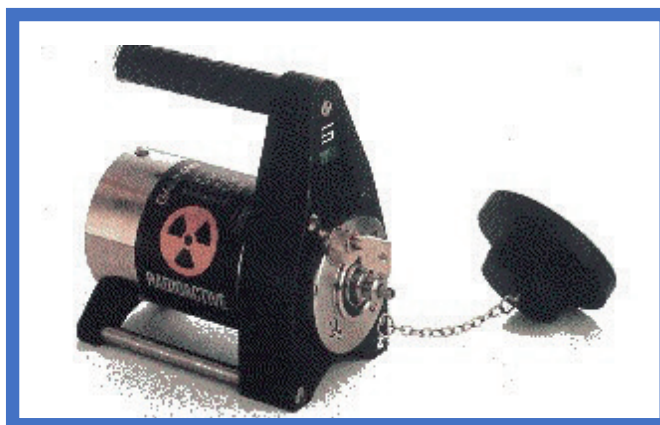
A radiográfiai vizsgálat végzése során az egészségre káros sugárzások keletkeznek, az ezekkel kapcsolatos védő intézkedések nehezítik az eljárás alkalmazását. Az ipari gyakorlatban két fő vizsgálati módszert különböztetünk meg a sugárforrások szerint: az egyik a röntgensóval történő vizsgálat (nem állandó sugárzás), a másik a γ -sugárzó radioaktív izotóppal történő vizsgálat (állandó sugárzás). Egy radiográfiai vizsgálat elvi vázlatát mutatja a 145. ábra.

145. ábra. Radiográfiai vizsgálat elvi vázlata



A radioaktív izotópok élettartama, azaz felhasználhatóságuk ideje felezési idejük függvénye (pl. az Ir-192 felezési ideje 74,4 nap, a Co-60 izotópé 5,26 év). A radiográfiai vizsgálati technikára jellemző izotópok: Tm-170, Yb-169, Se-75, Ir-192, Co-60. A radioaktív izotópok, miután folytonos sugárzók, a megfelelő védelmükről gondoskodva tárolhatók és szállíthatók csak. Használatuk során a munkatartóból kerülnek kitolásra, majd a felvétel elkészülte után, visszahúzásra. Az 146. ábra egy munkatartót mutat.

146. ábra. Izotóp munkatartó



A radiográfiai vizsgálatok alapvető kérdése a képminőség. Ez határozza meg a részletek felismerhetőségét. A felvételek képminőségének meghatározásához képminőség-jelzőt használnak, amely változó méretű elemekből álló, sorozatot alkotó eszköz (huzalokból vagy furatos lépcsőkből álló sorozatok). A hiba felismerhetősége az intenzitás különbség (ΔI) érzékelésén, kimutatásán múlik. Az alkalmazott filmek intenzitás-feketedés görbéi nem lineárisak, így nagyobb feketedésnél azonos intenzitás-különbség esetén, nagyobb a feketedés-különbség, vagyis jobb a hiba-kimutathatóság.

Ultrahangos vizsgálat (UT):

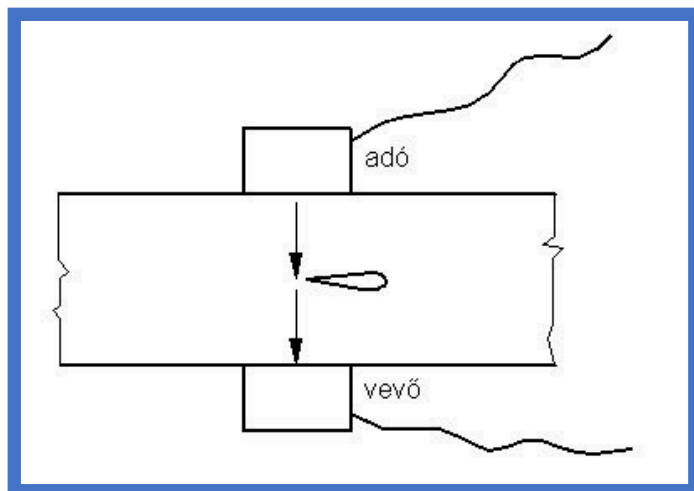
Az ultrahangos vizsgálat fizikai elve az, hogy szilárd testekben, fémekben az ultrahanghullámok (azaz a hallható hang frekvenciatartományánál nagyobb frekvenciájú hanghullámok) viszonylag jól, kis

csillapodással egyenes vonalban terjednek, és az eltérő akusztikai impedanciájú határfelületekről visszaverődnek. Az akusztikus impedancia az anyag sűrűségének és a hanghullám terjedési sebességének a szorzata. Ez a jelenség teszi lehetővé, hogy ultrahangos vizsgálat alkalmazásával folytonossági hiányok (elsősorban síkszerű) kimutatása lehetséges.

A vizsgálatok során az ultrahanghullámok (a gyakorlatban 0,5–20 MHz frekvenciatartomány) gerjesztése és érzékelése is piezoelektromos vizsgáló fejekkel történik. Az esetek jelentős részében a gerjesztés és az érzékelés ugyanazzal a fejjel történik. A vizsgálatához különböző szög alatti besugárzást és különböző frekvenciájú vizsgálófejeket használnak. A 90° -tól eltérő besugárzókat szögfejeknek nevezik, a hegesztett kötések vizsgálatára általában ilyeneket használnak. A visszaverődő jelek, a vizsgáló készülék képernyőjén jelennek meg, melyek alapján következtethetünk a folytonossági hiányok nagyságára és helyére.

A hagyományos vizsgálattechnika alapvetően két módszert különböztet meg: átsugárzásos technika, illetve impulzus-visszhang technika. Az átsugárzásos technika alapja a tárgyon keresztül haladó ultrahang-energia gyengülésének a mérése. A vizsgálatok általában két vizsgáló fejjel (adó és vevő) történnek, elsősorban lapos termékek (lemezek) ellenőrzésére, merőleges és szögvizsgáló fejekkel is. A módszerrel a hiba mélység irányú elhelyezkedése nem azonosítható. A vizsgálati módszer alkalmas lehet lemezek rétegességének kimutatására, illetve hanggyengülés mérésére. Egy esetleges elrendezés a 147. ábrán látható.

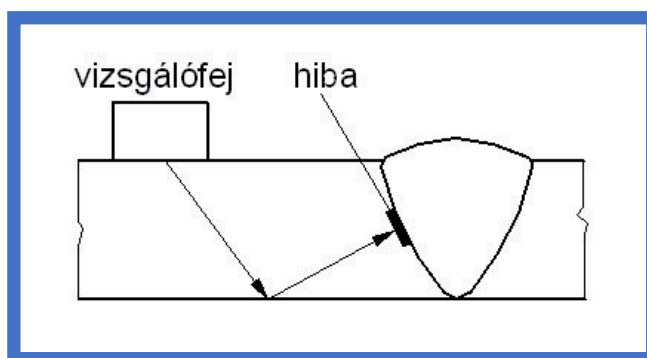
147. ábra. Ultrahangos vizsgálat átsugárzással.



Az impulzusvisszhang-technika lényege, hogy a munkadarab belsejében lévő határfelületről (folytonossági hiány) visszaverődött (vagy eltérült) jeleket használják fel a vizsgálat során, lásd 148. ábra.

A visszaverődött jelet amplitúdója és az időskálán elfoglalt helye jellemzi, az előbbiből a visszaverő felület nagyságára, az utóbbiból a vizsgálófej és a reflektáló felület (hiány) távolságára lehet következtetni. A jel-amplitúdó nagyságát a reflektor méretének meghatározásához valamilyen kiválasztott jellemzőhöz hasonlítják. Ilyenek lehetnek például a következők: összehasonlítóreflektor-görbe (ÖRG-módszer), távolság-erősítés-nagyság (TEN-módszer), hátfalvisszhanghoz való viszonyítás.

148. ábra. Ultrahangos vizsgálat, impulzus-visszhang módszer

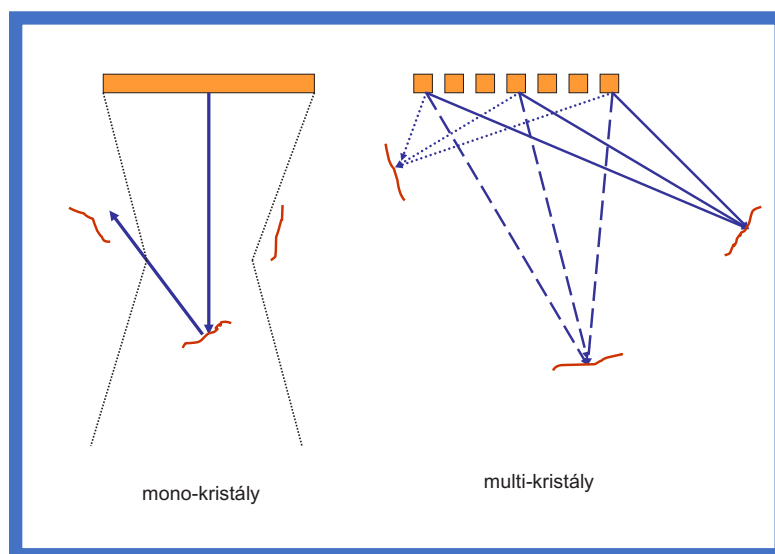


A korszerű ultrahangos vizsgáló eljárások közé soroljuk a fázisvezérelt, a futásidő-szóródásos vagy a vezetett hullámokat alkalmazó technikát.

A fázisvezérelt (*Phased Array, PA*) ultrahangos technika lényege, hogy a mechanikus rezgést kibocsátó hagyományos mono-kristály helyett több egyedi kristályból (multi-kristály) álló szabályos elrendezést (*array-t*) alkalmaznak hangforrásként. A kis egyedi források hangtereinek hullámfrontjai interferálnak és egy közös hullámfrontot képeznek. Az egyedi hangforrások gerjeszthetők egymáshoz képest késleltetéssel, valamint szinkronizálhatók fázis, illetve amplitúdó szerint és így egy vezérelhető, fókuszált hangnyaláb hozható létre, aminek szoftver úton változtatható a szöge, a fókusz távolsága, a fókuszban mért átmérője.

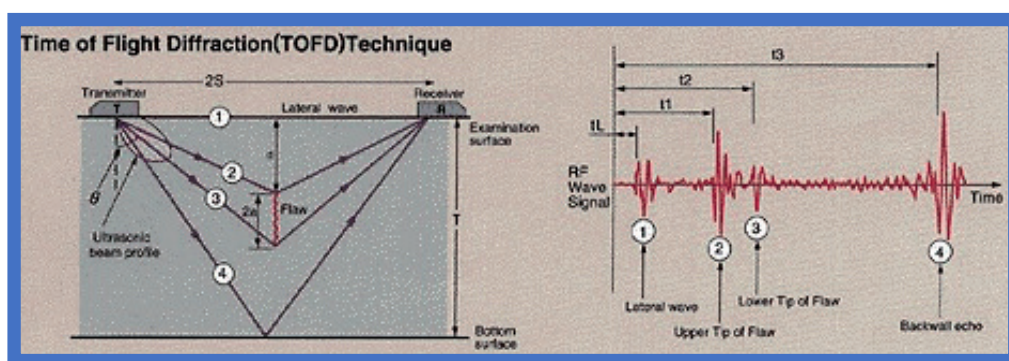
A 149. ábra szemléletesen mutatja a mono- és a multi-kristály (PA) közötti különbséget. A mono-kristály hangnyalábja egytengelyű és divergens, ezért ez kis valószínűséggel reflektál a hangnyaláb tengelyén kívül eső repedésekről. A fázisvezérelt vizsgálat esetében a nyaláb fókuszált és többtengelyű, ezért a legkülönbözőbb orientációjú repedések detektálásának is nagy a valószínűsége.

149. ábra. Általános irányú hiányok kimutathatósága hagyományos és fázisvezérelt technikával [22]



Amíg a hagyományos impulzus-visszhang módszernél az inhomogenitásokról visszaverődő hang-energia nagyságát és a hang által megtett út hosszát mérik, elemzik, addig a futásidő-szóródásos módszer (*Time-Of-Flight-Diffraction, TOFD*) esetén a reflektorok végpontjain, szélén, például a repedések élén szóródó jeleket észlelik. TOFD-módszerrel három hasznos jelet látunk a képernyőn a vizsgálofejek adó-vevő elrendezése kapcsán. Az első egy felületi hullám, amely az adó- és vevőfej között alakul ki; amikor nincs anyaghiba, az elsődleges hátfaljelet a hátfalról közvetlen visszavert longitudinális hullám okozza, ami a második hasznos jel; a harmadik jel egy újabb hátfal jel, amely az előző jelet létrehozó hullám átalakulásakor (longitudinális-transzverzális átalakulás). Inhomogenitás (anyaghiba) jelenléte esetén az annak tetejéről (2) és aljáról (3) szóródó hang longitudinális összetevője okozza az anyaghiba felső és alsó indikációját. A két élről érkező hangutak közti különbség alapján az anyaghiba mélységi mérete meghatározható. Az előzőeket mutatja a 150. ábra.

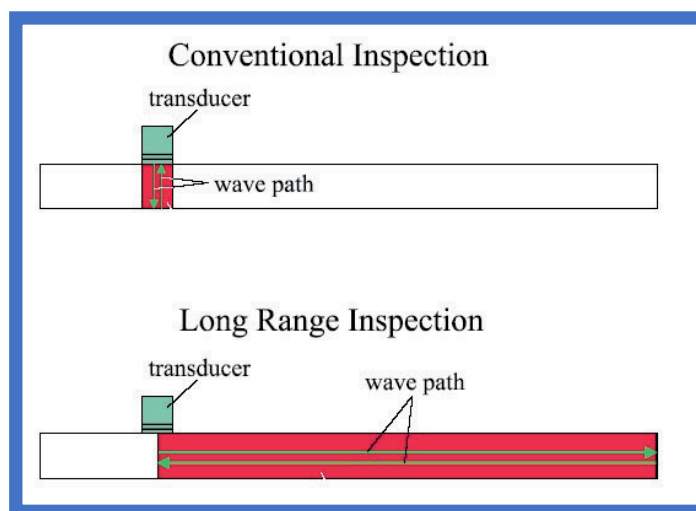
150. ábra. TOFD technika visszhangjai



A TOFD-módszer a felületre merőlegesen elhelyezkedő síkbeli anyaghibák mélységének mérésére, illetve a varratgyök korróziós repedéseinek észlelésére és mérésére a legpontosabb ultrahangos módszer, elterjedten használják a nukleáris iparban.

Amíg az ultrahangos vizsgálatok jelentős részét továbbra is korlátozott kiterjedésű hangnyaláb alkalmazásával (azaz hagyományos módon) végzik, amely esetben az ultrahang hullámhossza lényegesen kisebb, mint a vizsgálandó tárgy mérete, és így viszonylag lokalizált információt kapunk, addig megjelent és rohamosan fejlődik egy másik ultrahangos terület, a vezetett hullámok (*Guided Wave* vagy más elnevezéssel *Long Range UT, LR UT*) alkalmazása. Ennek a lényege, hogy az alkalmazott hang hullámhossza a vizsgálandó berendezés falvastagságának a nagyságrendjében van vagy nagyobb annál, és ez az alacsony frekvenciájú ultrahang úgy terjed a vizsgálandó tárgyban, hogy annak geometriai határa vezeti. A vizsgálat hatótávolsága nagy és általában globális információt szolgáltat. Az 151. ábra mutatja a hagyományos és az LRUT közötti elvi különbséget.

151. ábra. A hagyományos és a vezetett hullámokkal történő ultrahangos vizsgálat elve



LRUT esetében az ultrahangot vagy piezoelektromos vagy magnetosztatikus elemekkel juttatják be az anyagba. Fő alkalmazási területe a csővezetékek vizsgálata, elsősorban azok korróziós károsodási helyeinek az azonosítása. Az LRUT egy keresőtechnika, és általában nem alkalmas a detektált hiány pontos jellemzésére. Alkalmas viszont a hiányok osztályozására amplitúdójuk alapján és – megfelelő kalibrálás esetén – a falvastagság csökkenése is meghatározható. Rendkívüli előnye, hogy rövid idő alatt nagy terjedelmű vizsgálatot lehet vele végezni.

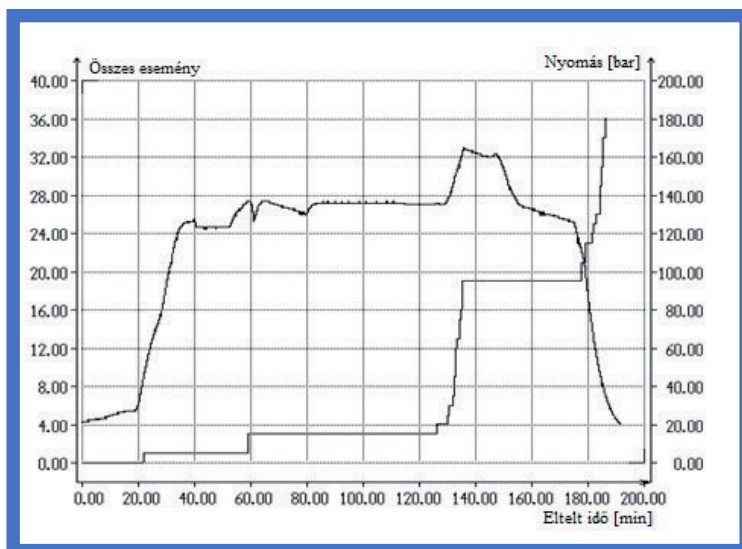
Akusztikus emissziós vizsgálat (AT):

Az akusztikus emissziós vizsgálatot általában hegesztett szerkezetek (pl. nyomástartó edények) épségének globális ellenőrzésére használják. A vizsgálat fizikai elve az, hogy a berendezés növekvő terhelése során, az esetlegesen benne elhelyezkedő hiányok terjednek, ami a berendezésben a terhelés hatására felhalmozódott rugalmas energia felszabadulását eredményezi. A rugalmasenergia-felszabadulás ultrahangok keletkezésével jár együtt, amelyek megfelelő érzékelőkkel detektálhatók. A vizsgálat alkalmas lehet az ultrahang futásidejének (a hangforrástól mért hangútnak) a figyelembevételével – több érzékelő használata esetén – a hangforrás helyének meghatározására (lokalizáció).

Akusztikus emissziós vizsgálatot a nukleáris iparban nyomástartó berendezések nyomáspróbája során végeznek. A nyomáspróba történhet a berendezés gyártásának a befejezésekor a gyártóműben, a felállítás helyén, az üzemelést megelőzően és üzemeltetés közben, időszakosan.

Reaktortartály nyomáspróbája során végzett akusztikus emissziós vizsgálat egy jellegzetes görbét mutatja a 152. ábra, ahol a vízszintes tengelyen a próba (illetve a vizsgálat) ideje, a függőleges tengelyen az összegzett akusztikus eseményszám növekedése, illetve a próbanyomás változása látható.

152. ábra. Akusztikus emissziós vizsgálat nyomáspróba során



Látható az ábrán, amikor az eseményszámok növekedési üteme jelentősen csökken, illetve megáll a terhelések állandósulásakor, ami a szerkezet stabilitására utal. Akusztikus eseményeket idézhet elő a diszlokációk mozgása, a képlékeny alakváltozás, a repedésterjedés és egyéb, mikroszerkezeti (zárványokkal kapcsolatos) esemény, de folyamatos akusztikus jeleket okoz a szivárgás jelensége is. A kiértékelés során a különböző jellemzők eloszlását, a terhelésnek az összegzett eseményszám vagy amplitúdó, vagy a hangjelek energiájának az alakulását valamilyen változó függvényében veszik figyelembe.

Tömörségi vizsgálat (LT):

A nyomástartó rendszerek esetében szükség van a tömörség vizsgálatára. A tömörség a berendezés összes elemének azon tulajdonsága, amely a szerkezet falán keresztül a folyadékok vagy gázok olyan kis mennyiségű átáramlását biztosítja, amit még meg lehet engedni. Abszolút tömörségről nem beszélhetünk. A tömörség ellenőrzése gáz- vagy folyadék-halmazállapotú vizsgálóanyagokkal történik, amelyeknek a berendezés falán történő áthatolását mérik, azok valamilyen fizikai tulajdonságán keresztül. A gáz- és folyadéktömörégi vizsgálatok közül az előbbi érzékenyebb, ezért meg kell különböztetnünk őket egymástól, mert a folyadékkal történő vizsgálattal tömörnek talált berendezés nem biztos, hogy egyúttal gáztömör is.

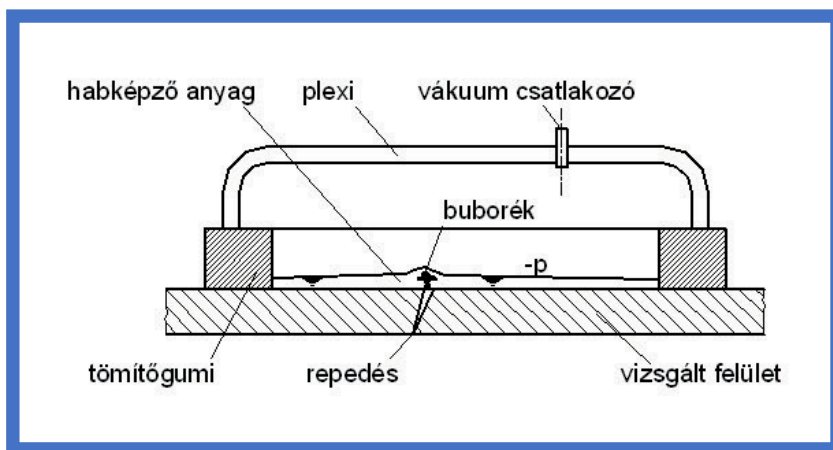
A tömörségvizsgálati eljárások sokféleségük miatt különbözőképpen csoportosíthatók. Beszélhetünk lokális és az egész berendezésre kiterjedő, kvalitatív vagy kvantitatív vizsgálatról. Csoportosíthatjuk őket érzékenységük szerint, vagy a vizsgáló közeg alapján is. Áramlási irány szerint megkülönböztethető, hogy a gázáramlás a vizsgálati tárgyba vagy a vizsgálati tárgyból történik.

A gázzal történő (pneumatikus) tömörségvizsgálatok közé tartoznak a következők:

- ◆ buborékos tömörségi vizsgálat,
- ◆ halogénes tömörségi vizsgálat
- ◆ héliumos tömörségi vizsgálat
- ◆ éghető gázzal történő vizsgálat,
- ◆ ammóniás tömörségvizsgálat.

A buborékos tömörségi vizsgálat egyik eljárására (vákuumos vizsgálat) mutat példát az 153. ábra. Itt a nyomáskülönbséget a felület két oldalán a vizsgálati felület lokális vákuumozásával oldották meg.

153. ábra. Vákuumos tömörségi vizsgálat.



A hidraulikus tömörségi vizsgálat víz (üzemi közeg) alkalmazásával történik. Atmoszférikus berendezések esetén a detektálás a folyadékfelszín magasságváltozásának a mérésével, vagy a betöltött folyadék köbözésével és a látható felületek ellenőrzésével valósítható meg. Nyomástartó berendezések esetében a vizsgálatot a berendezés (első sorban a hegesztett, valamint az oldható kötések környezete) szemrevételezése jelenti. A felületen történő szivárgásellenőrzés érzékenységét fluoreszkáló anyag vízbe keverésével lehet jelentősen növelni.

Tömörségi vizsgálat végezhető a folyadékbehatolásos vizsgálat hagyományos eszközeivel is. Megfelelő felületelőkészítés után az egyik oldalra a behatoló folyadék kerül felhordásra, másik oldalra pedig az előhívó. A szükséges idő után a szivárgás helyén megjelenik az indikáló szer, és annak tulajdonságától függően megtörténhet az értékelés.

4.5 AZ IDŐSZAKOS ELLENŐRZÉS HATÉKONYSÁGA

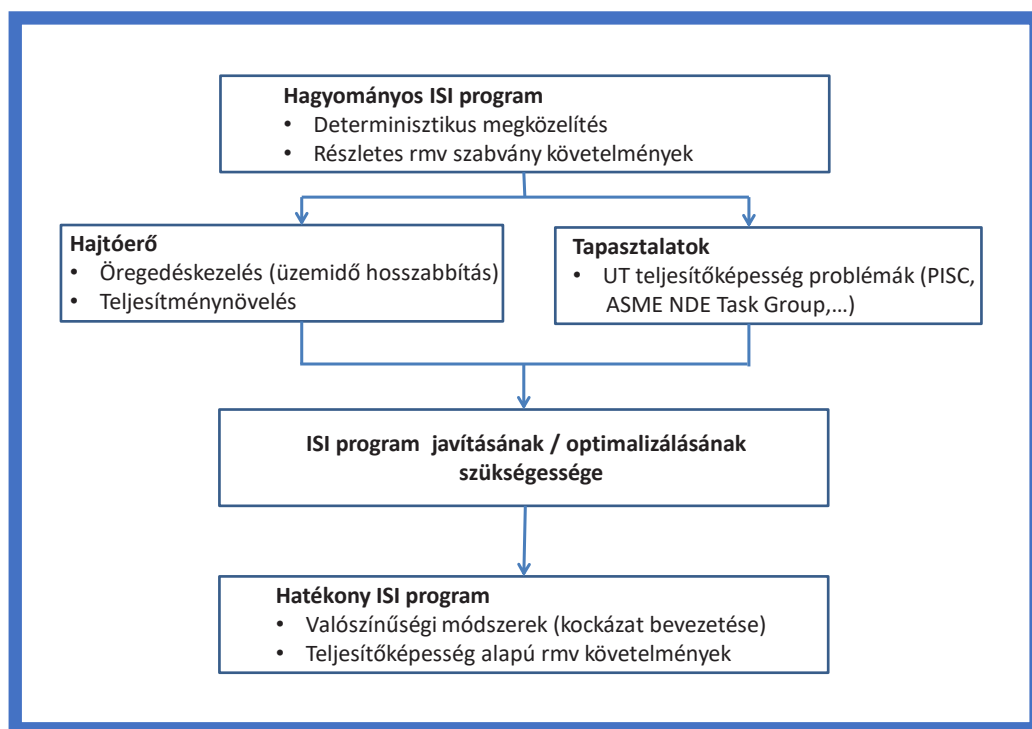
Az előzőekben tárgyalt roncsolásmentes vizsgálatok kulcsfontosságúak az atomerőmű időszakos ellenőrzési programjában. Az üzemközbeni időszakos ellenőrzés (In-Service Inspection, ISI) periodikusan ismétlődő roncsolásmentes vizsgálatokból és nyomáspróbából áll. A vizsgálatok a berendezésekben található folytonossági hiányok jelenlétéről, elhelyezkedéséről, méreteiről és más jellegzetességeiről szolgáltatnak információt az adott berendezés szerkezeti integritásának az elemzéséhez.

Az időszakos ellenőrzés módszere az 1970-es években történt világméretű bevezetése óta jelentős fejlődésen ment át. Az első két évtizedben a részletekre kiterjedő előírások és szabványok képezték az ellenőrzés alapját. A későbbiekben az ellenőrzési filozófia olyan irányba mozdult el, ahol a hangsúly a potenciális károsodásnak kitett területeken van, továbbá megkövetelték a roncsolásmentes vizsgáló rendszerek (vizsgálati technológia, vizsgálóeszköz és vizsgáló személyzet) teljesítőképességének az igazolását. Ebből a gondolkodásmódból fejlődött ki a roncsolásmentes vizsgáló rendszerek minősítése. Ezen túlmenően, kiterjesztették a valószínűségi biztonságelemzést (*Probabilistic Safety Analysis, PSA*) a passzív berendezésekre, ami megindította a kockázat szempontjait figyelembe vevő időszakos ellen-

őrzés elterjedését (*Risk Informed In-Service Inspection, RI-ISI*). Ez a folyamat hozzájárult az időszakos ellenőrzés hatékonyságának a növekedéséhez. Hatékony időszakos ellenőrzés alatt azt értjük, amikor a biztonság és az ellenőrzési költségek optimális egyensúlyban vannak.

Napjainkban az atomerőművek többségében a napi gyakorlat részévé váltak a hatékony időszakos ellenőrzés elemei. Az evolúciós folyamatot a 154. ábra mutatja.

154. ábra. Időszakos ellenőrzés hatékonyságának áttekintése [23]



4.5.1. Roncsolásmentes vizsgáló rendszerek minősítése

Ahogy azt bemutattuk, a hatékony időszakos ellenőrzés egyik összetevője a vizsgáló rendszerek teljesítőképességének igazolása. Ennek a tevékenységnek az alapjait a '80-as években, Európában és az USA-ban közel egy időben rakták le (Európában: *inspection validation*, majd *inspection qualification*; az USA-ban: *performance demonstration*). A hazai gyakorlat az európai módszertant követi. A vizsgálat-minősítés célja az elnevezéstől függetlenül mindenütt ugyanaz: szisztematikus elemzéssel bizonyítani, hogy a roncsolásmentes vizsgáló rendszer képes elvárt megbízhatósággal elvégezni az adott vizsgálati feladatot, a várható üzemi körülmények között.

Az azonos célkitűzés ellenére eltérések tapasztalhatók a megvalósításban. Az amerikai módszer lényegében egy általános minősítés, mert nem erőmű-, illetve nem folytonosságihiány-specifikus. Részleteit az ASME kód XI kötetének egy kötelező érvényű függeléke rendeli el. A bizonyítás ellenőrző darabokon végzett mérésekkel történik, és a darabokban elhelyezett folytonossági hiányok korlátozott száma következtében az eredmény statisztikus érvényessége korlátozott. Nem követeli meg az USA szabályozása a szerkezeti integritás szempontjából kritikus, továbbá a legnehezebben vizsgálható hiány (ún. *worst case defect*) bevonását a minősítési folyamatba.



Ennek következtében nem zárható ki, hogy a minősítés eredménye a valóságosnál optimistább lesz.

Az európai megközelítés ezzel szemben specifikus minősítésként jellemezhető [24]. A minősítés folyamata itt azzal kezdődik, hogy az atomerőmű üzemeltetője meghatározza a vizsgálat célját, azaz a detektálendő folytonossági hiányt és a vizsgálat elvárt teljesítőképességét. Az utóbbi az adott folytonossági hiány detektálásának a valószínűségét és a hiány méretének és pozíciójának a bizonytalanságát jelenti. Magát a minősítést erre az esetre tervezik meg és végzik el. Az európai vizsgálatminősítés legfontosabb eleme a műszaki bizonyítás. Ez egy dokumentum, ami összefoglalja azokat az információkat, amelyek bizonyítják az adott vizsgáló rendszer alkalmazhatóságát az adott berendezésre. A műszaki bizonyítás kiterjed egyebek mellett az roncsolásmentes vizsgáló eljárás fizikai megalapozására, korábbi tapasztalatok elemzésére, körvizsgálatok eredményeinek felhasználására és matematikai modellek bemutatására. Ezen túlmenően itt is sor kerülhet a minősítés tárgyát képező berendezést reprezentáló ellenőrző darabokon végzett gyakorlati vizsgákra.

Az európai módszer sajátossága, hogy általában elválík egymástól az eljárás és berendezés, valamint a vizsgáló személyzet minősítése. A vizsgáló eljárás és berendezés alkalmasságát ún. nyílt gyakorlati vizsgán (az ellenőrző darabokban elhelyezett folytonossági hiányok ismertek a vizsgáló előtt), míg a vizsgáló személy alkalmasságát ún. zárt gyakorlati vizsgán (a hiányok nem ismertek a vizsgáló személy előtt) végzik.

A vizsgálatminősítés napi gyakorlattá vált a világ atomerőműveinek a többségében, és beépült a hatósági követelményekbe is. Elvégzését a magyar nukleáris hatóság is megköveteli. Újabban, logikus módon, megkövetelik az időszakos ellenőrzés referenciaszintjét jelentő, az első üzembehelyezést megelőző vizsgálatok (*Pre-Service Inspection, PSI*) esetében is. Ezt az eljárást követi a Paks II Atomerőmű esetében a hatóság.

4.5.2 Kockázati szempontokat figyelembe vevő időszakos ellenőrzés

A roncsolásmentes vizsgálatok tekintetében a kockázatot a meghibásodás bekövetkezése valószínűségének és a berendezés meghibásodása következményének a szorzatával szokták kifejezni.

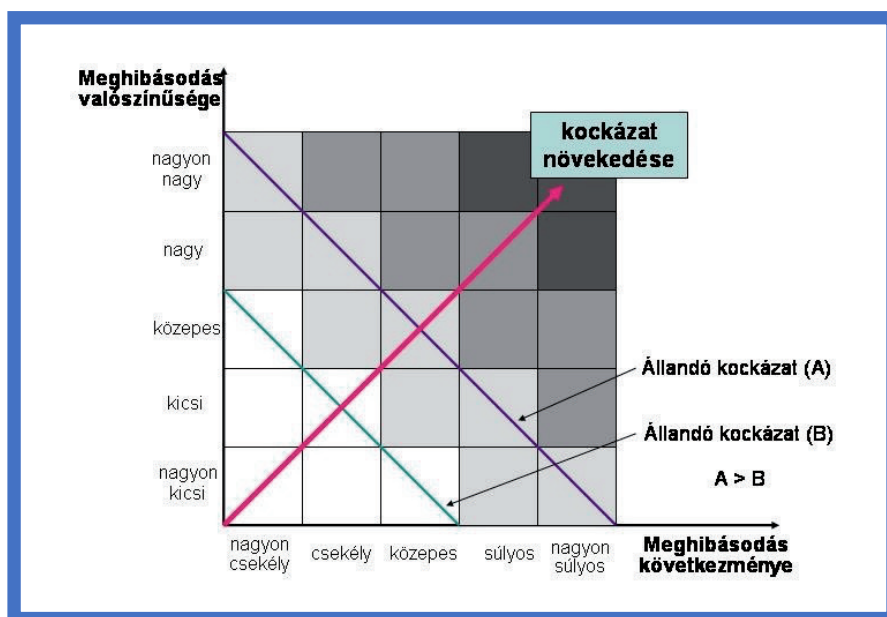
A kockázat grafikus ábrázolásának szemléletes módja a kockázati térkép (kockázati mátrix), ami fél-quantitatív módon ábrázolja, illetve rangsorolja az eseteket kvalitatív skálák (pl. kicsi–közepes–nagy, illetve csekély–közepes–súlyos) vagy az azokkal összhangba hozható tágabb valószínűségi kategóriák (pl. 10⁻⁴–10⁻⁵) használatával. Egy ilyen kockázati mátrixot mutat a 155. ábra.

Mivel a kockázatot a tengelyekre írt változók szorzataként definiálják, a kettős logaritmikus léptékű ábrázolásban a 45°-os egyenesek jelentik az állandó kockázat vonalait, amelyek elválasztják egymástól a különböző kockázatú területeket. Ha csökkenteni kívánjuk a kockázatot, amire elsősorban a meghibásodás bekövetkezése valószínűségének a csökkentése útján van esély, a vizsgálatok ugyanis erre vannak hatással, akkor a vizsgálandó rendszer vagy berendezés azon tartományaira kell koncentrálnunk, ahol a meghibásodást kiváltó károsodási folyamatok a legnagyobb valószínűséggel fordulnak elő.

A megkövetelt kockázat elérése érdekében a rendelkezésre álló vizsgálati ráfordítások átcsoportosíthatók vagy – szükség esetén – pótlólagos vizsgálatok is alkalmazhatók.



155. ábra. Kockázati térkép (kockázati mátrix)



A kockázati szempontok figyelembevétele az ellenőrzés hatékonysága növelésének lényeges eleme. Célja az atomerőmű biztonságának növelése (vagy legalább a szinten tartása) oly módon, hogy az időszakos ellenőrzésre fordítható erőforrásokat a legnagyobb kockázatú, azaz a biztonságra legnagyobb hatással lévő berendezésekre koncentrálják, és a vizsgált berendezéseket kockázati sorrendbe állítsák. Az időszakos ellenőrzés a kockázat két eleme közül kizárólag a meghibásodás bekövetkezésének a valószínűségét befolyásolja, a következmények tekintetében irreleváns. A kockázati szempontokat figyelembe vevő időszakos ellenőrzést (elsősorban a csővezetékek területén) egyre több atomerőmű-üzemeltető alkalmazza, felismerve annak a biztonság növelésére gyakorolt egyértelmű hatását, továbbá a vizsgálatok egy hányadának az elhagyásából származó gazdasági előnyt.

4.6 ÜZEMBE HELYEZÉST MEGELŐZŐ ELLENŐRZÉSI PROGRAM

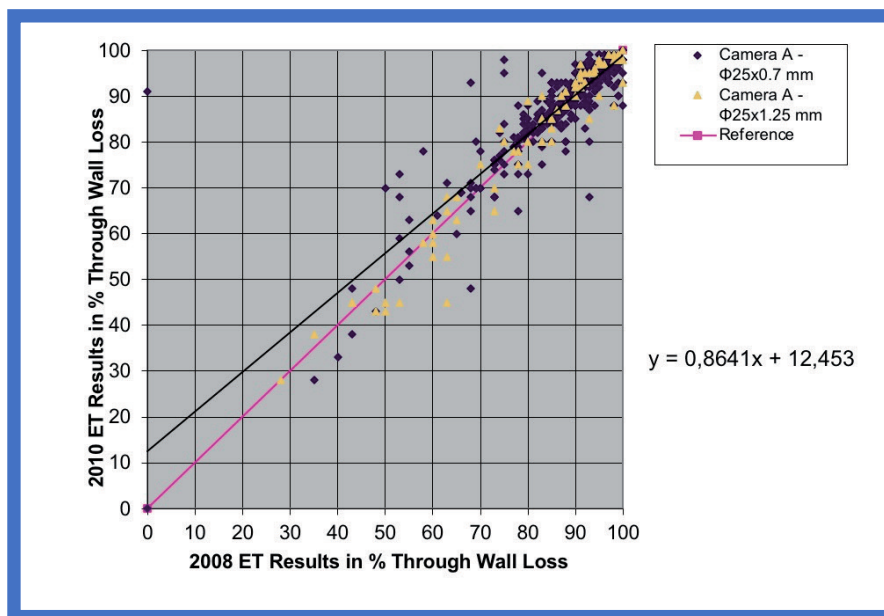
Az atomerőmű első üzembe helyezését megelőző ellenőrzési program (PSI) különös jelentőséggel bír: egyrészt igazolnia kell a nyomástartó berendezések üzemeltetésre való alkalmasságát, azaz az ellenőrzés terjedelmébe eső berendezéseknek meg kell felelniük az időszakos ellenőrzési szabályzat/kód követelményeinek; másrészt ennek eredménye képezi a későbbi időszakos ellenőrzés (ISI) referenciáját. Ebből eredően a PSI-vel szemben támasztott követelmények jelentős mértékben közösek az ISI-vel szemben támasztott követelményekkel, de vannak speciális PSI-követelmények.

A legfontosabb követelmény a PSI és ISI közötti konzisztencia biztosítása az eredmények összehasonlíthatósága érdekében. Ez úgy érhető el, ha a PSI-hez a lehetőségek határán belül ugyanazokat a vizsgáló eljárásokat, vizsgálati technikát és vizsgálati eszközöket alkalmazzák, amelyeket alkalmazni terveznek a későbbi ISI során. Ez nem zárja ki a berendezés gyártóművében végzett vizsgálatok vagy azok egy részének bevonását. Ha az üzemeltetés időszakában (ISI) továbbfejlesztett vagy új eljárásokat, technikákat, vizsgálati technológiákat vagy készülékeket alkalmaznak, akkor – amennyire lehetséges – meg kell teremteni az összhangot a korábbi eljárásokkal, technikákkal. Ekkor az összehasonlítás



lesz a későbbi vizsgálatok új/módosított nullállapota. Az 156. ábra két egymást követő örvényáramos vizsgálat eredményeinek az összehasonlítását mutatja.

156. ábra. Különböző időpontban kapott ET eredmények korrelációja



Ahhoz, hogy az egymást követő vizsgálatok eredményei összhangban legyenek, beleértve a PSI és ISI összhangját, ennek figyelembe vételével kell a vizsgáló berendezéseket (szoftver és hardver) megválasztani. Ezt akkor is szem előtt kell tartani, ha az erőmű PSI/ISI szolgáltatót vált, különös tekintettel a vizsgálatminősítés összemérhetőségére, az értékelés módszertanára, a vizsgálatok dokumentálására, beleértve az elektronikus formátumú dokumentumok rendelkezésre állását és olvashatóságát.

4.7 NYOMÁSPRÓBA A GYÁRTÁS ÉS ÜZEMBE HELYEZÉS SZAKASZÁBAN

A nyomáspróba, mint az időszakos ellenőrzés próbája, olyan – időszakosan végzett – próba, amelynek célja annak igazolása, hogy az adott berendezés szerkezeti integritása biztosítja a terv szerinti funkciók ellátását. A nyomáspróbát jellemzően az időszakos roncsolásmentes vizsgálati ciklust követően végzik el, hagyományosan az üzemi nyomást meghaladó értéken. A fűtőelem-átrakásra, karbantartásra és ellenőrzésre általában éves (Paks II esetében 18 hónapos) rendszerességgel történő leállások befejezésekor, a blokk visszaindulása időszakában tömörségi próbát hajtanak végre, amelynek nyomása általában megegyezik az üzemi nyomással. Míg az utóbbi célja a teljes rendszer (pl. reaktor-hűtőkör) tömörségének az ellenőrzése, addig az előbbi a rendszerben található berendezések (csővezetékek, tartályok, hőcserélők) integritásának igazolását szolgálja. Az időszakos nyomáspróbák elvégzéséről az egyes nemzeti előírások eltérően rendelkeznek. Míg például az orosz, a német és a francia nukleáris hatóság előírja elvégzésüket, addig az amerikai kód, ASME BPVC Section XI (és az ezzel megegyező MSZ 27011) csak hegesztéssel történő javítás esetén tartja szükségesnek az üzemközbéli nyomáspróbát, egyébként megelégszik a ciklus zárásakor az üzemi nyomáson elvégzett tömörségi próbával.

Az amerikai álláspont mögött az a felismerés húzódik, hogy a tömörségi próbához képest növelt nyomáson végrehajtott vizsgálat nem járul hozzá érdemi információval a berendezések szerkezeti integritása megítéléséhez. A gyártóműben és az üzembe helyezéskor elvégzett nyomáspróbák ugyanis létrehozzák a berendezésben a szükséges helyi maradó alakváltozásokat; az időszakos nyomáspróba ezzel szemben hozzájárul az anyagszerkezet halmozódó károsodásához, ami elősegíti a fáradási alapsztruktúra kialakulását, és ezzel növeli új repedések keletkezésének a valószínűségét. Tehát az időszakos ellenőrzési program keretében térfogati (ultrahangos) vizsgálatnak alávetett berendezések esetében, amilyenek az első (és többnyire a második) biztonsági osztályba sorolt berendezések, nemcsak szükségtelen, hanem hátrányos is lehet a nyomáspróba. Az álláspontot a nyomáspróbával összefüggő üzemeltetési nehézségek, valamint a próba végrehajtása során fellépő biztonsági kockázat növekedése is támogatja (téves operátori beavatkozás, meghibásodás kockázatának növekedése). Megjegyezzük, hogy a nyomáspróbát a nukleáris ipar az általános ipari gyakorlatnak a roncsolásmentes vizsgálat elterjedését megelőző időszakából örökölte. A hazai hatósági szabályozás szerint az időszakos nyomáspróbát (elterjedt nevén a szilárdsági nyomáspróbát) növelt nyomáson el kell végezni.

4.8 HIVATKOZÁSOK (4. FEJEZET)

- [16] Fénymikroszkóp – *Wikipédia* (wikipedia.org)
- [17] B. Fekete et al. (2015): Low cycle thermomechanical fatigue of reactor steels: Microstructural and fractographic investigations. *Materials Science & Engineering A*. 640. Pp. 357–374
- [18] Prohászka J. (2001): *A fémek és ötvözetek mechanikai tulajdonságai*. Budapest: Műegyetemi Kiadó.
- [19] Szunyogh L. (Szerk) (2007): *Hegesztés és rokon technológiák*. Budapest: Kézikönyv Gépipari Tudományos Egyesület.
- [20] D. Tabor (1996): Indentation hardness: fifty years on. *A personal view, Phil. Mag. A*, 74. (5.) Pp. 1207–1212.
- [21] Szabványban előírt paraméter-értékek változásának közvetett mérés-értékelése. KF zárójelentés. Budapest: Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft., 2020.
- [22] Introduction to Phased Array Ultrasonic Technology Applications, R/D Tech Guideline, R/D Tech inc., Canada, 2004.
- [23] IAEA TECDOC–1853, Improvement of effectiveness of in-service inspection in nuclear power plants, International Atomic Energy Agency, Vienna, 2018.
- [24] European methodology for qualification of non-destructive testing (third issue), EUR 22906 EN, EC DG JRC, Institute for Energy, 2007.



5. NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉSEK ÉS CSŐVEZETÉKEK

5.1 ÁLTALÁNOS FOGALMAK

Nyomástartó berendezés: edény, csővezeték, biztonsági szerelvény és a nyomással igénybe vett tartozékok összessége.

Edény: nyomással igénybe vett töltet befogadására tervezett és gyártott egység első csatlakozásáig a hozzá tartozó szerkezeti elemekkel.

Csővezeték: a töltet szállítására szolgál, csőszakasz és szerelvényei.

Biztonsági szerelvény: jellemző nyomás túllépése ellen szolgál, közvetlen működésű ill. határoló készülék.

Tartozék: nyomástartó házzal rendelkező üzemeltetési feladattal rendelkező szerelvény.

E fogalmakat sok iparág, többek között az olaj- és gázipar, az energetikai ipar és a vegyipar alkalmazza, az energetikai ipar részeként a nukleáris ipar is használja. A nukleáris ipar jogszabályában (Nukleáris Biztonsági Szabályzatok – NBSZ) előírt fogalom eltér az általános ipari gyakorlatban alkalmazottól.

NBSZ 10. kötet 127. Nyomástartó berendezés és csővezeték fogalom:

Mindazok a nyomástartó edények, tartályok, csővezetékek, biztonsági szerelvények és nyomással igénybe vett tartozékok, amelyek valamelyik biztonsági osztályba tartoznak. A nyomástartó berendezéshez tartoznak a nyomással igénybe vett részekhez közvetlenül kapcsolódó elemek, így különösen a karimák, a csonkok, a csatlakozó elemek, az alátámasztások, az emelőfülek.

Az atomerőmű gyakorlatában a nyomástartóberendezés-fogalom részletes meghatározása az alábbi:

- a) **Edény:** hidrosztatikus és túlnyomással igénybe vett, töltet befogadására tervezett, és arra gyártott szerkezeti egység az edényen található csonkok első tompavarratáig, karimás kötésű csonkoknál a csonk karimáig, valamint a hozzá tartozó szerkezeti elemek. Ide tartoznak a túlnyomás, illetve vákuum alatti edények, a tárolótartályok, a hőcserélők és a szűrők. Egy edény több, nyomással igénybe vett térből is állhat.
- b) **Biztonsági szerelvény:** a nyomástartó berendezést jellemző határérték túllépése elleni védelemre tervezett aktív biztonsági funkciót betöltő készülék. Ilyen:
 - ◆ a közvetlen nyomáshatároló készülék (pl. biztonsági szelep, hasadó tárcsa, törő- vagy nyíró-elem és vezérelt túlnyomásvédelmi berendezés),
 - ◆ a határoló készülék, amely működésbe hoz eszközöket, vagy rendelkezik a lezárásról vagy a lezárásról és a reteszelésről (pl. nyomás-, hőmérséklet- vagy szintkapcsoló, valamint biztonsági, mérő és szabályozó készülék) az alapszelepig.
- c) **Nyomástartó elem (tartozék):** üzemeltetési feladattal és nyomástartó házzal rendelkező szerelvény (pl. armatúra, szabályzó szelep, mérőperem).
- d) **Csővezeték:** töltet szállítására szolgál. Csővezeték alatt cső, csőrendszer, csőidom, szerelvény, csőkompenzátor, vagy egyéb nyomástartó elem, illetve annak tartozéka (pl. csőtartó, rezgéscsillapító, elmozdulás határoló) értendő.

Nyomástartó rendszer: A nyomástartó rendszer az összeszerelt több nyomástartó rendszerem, amely összefüggő működési egységet alkot.



A nukleáris ipar nyomástartó berendezéseinek a fejlődésére – hasonlóan más iparághoz – jellemző a létesítmények folyamatos teljesítménynöveléshez kapcsolódó változás. A nukleáris iparban az alap a nem nukleáris ipar szabályozása volt, tehát az első atomerőművi létesítési (tervezési) szabályozások lényegében nyomástartóberendezés-szabályzatok voltak.

5.2 NYOMÁSTARTÓ EDÉNYEK ÉS CSŐVEZETÉKEK TERVEZÉSI ELŐÍRÁSAI – NEMZETKÖZI KÓDOK

Azok az országok, amelyek jelentős fejlesztési kapacitással rendelkeznek és képesek atomerőmű építésére, kiadtak a nyomástartó berendezések és csővezetékek tervezésére teljes tervezési előírásrendszert. Az USA, Franciaország, Japán, Korea, Kanada és Oroszország szakértői megegyeztek abban, hogy a NEA MDEP (*Nuclear Energy Agency – Multinational Design Evaluation Programme*) keretén belül elkészítenek egy szabályzatokat összehasonlító dokumentumot e tárgykörön belül. A vizsgált szabályzatok (továbbiakban kódok) a következők voltak: AFCEN (RCC-M), ASME (Section III), CSA (N-285), JSME (S NC1), KEA (KEPIC-MN) és NIKIET (PNAE-G7). Ezek közül a CSA-előírásokat figyelmen kívül hagyjuk, mert a CANDU-blokkok tervezési előírásai eltérő elvi alapokat is jelentenek. A dokumentum a Class1 biztonsági osztályba sorolt rendszerek berendezések, csővezetékek, szivattyúk és szelepek előírásait tekinti át. A kiadott dokumentum azonosítója: *STP-NU-051-1 CODE COMPARISON REPORT for Class 1 Nuclear Power Plant*.

Lényeges, hogy mindegyik kód következetes szabályok összessége, így az adott terület követelményei függhetnek, és gyakran függenek is a többi szakasz követelményeitől. A tételes összehasonlítás a különbségek alapján nem minden esetben vezet a teljes kód helyes megítéléséhez. A kódok megfelelőségét a gyakorlat igazolja.

5.2.1 A francia kód

Az AFCEN által kiadott RCC-M-kód sok hasonlóságot mutat az ASME BPVC-kóddal. A szerkezet jelentősen eltér, hiszen az RCC-M olyan területeket is szabályoz, amit az amerikai előírásban más kötetek (például anyagok, hegesztés, anyagvizsgálat) szabályoznak.

Sajátosságok (általános):

- ◆ Amíg az ASME-előírások minőségbiztosítás és tanúsítás témakörben a saját előírásokra (NQA-1), addig a francia előírások nemzetközi szabványokra (pld ISO 9001, IAEA 50 C/SG) hivatkoznak.
- ◆ Az ASME-előírások tervezőire vonatkozó „*Professional Engineer*” rendszert a francia szabályozás nem alkalmazza.
- ◆ Az RCC-M-kódban nagyszámú technikai különbség azonosítható, mely a szabályozásból fakadó különbségekre vezethető vissza.
- ◆ Eltér a tulajdonos (tervező és/vagy gyártó) felelőssége e különbségek kezelése érdekében.
- ◆ Ez utóbbi a szabályozási követelményekből fakadó különbség, mely összefügg a nukleáris ipar országonként eltérő gazdasági fontosságából fakadó kulturális és politikai különbségekkel.



Az RCC-M-kódban a tervezési előírásokat a 3000 jelű fejezet tartalmazza. A francia kód sokkal előadóbb jellegű. Eltérően szabályozza:

- ◆ a nyomástartó edények búvónyílás tervezését,
- ◆ a végeelem-analízis alkalmazását,
- ◆ kismértékben eltérnek a megengedhető feszültségek,
- ◆ a törési elemzés módszereit (RCC-M appendix ZG – míg az ASME App G a ferrites anyagokra, addig az RCC-M ZG ausztenites anyagokkal is foglalkozik).

Azonosan alkalmazza az általánosfeszültség-filozófiát, a képlékeny–rugalmas számítási módszereket, a folyási kritériumot, a kritikus feszültségintenzitási tényezőt, (KIC), a terhelési kategóriákat és a termikus öregedést. Lényegében megegyeznek a menetes kötések számítási módszerei, a szivattyúk, szelepek előírásai. A tervezési jelentést mindkét kód alkalmazza arra a célra, hogy a tervezési követelményeknek való megfelelést igazolják.

Az előírásrendszerek közötti legmarkánsabb különbséget a nyomáspróba előírásoknál találjuk.

$$k = \max (1,43; 1,25 \times S_{MHT}/S_{MD})$$

A tényező függ a komponens nyomáspróba hőmérsékleten és a tervezési hőmérsékleten mért anyagjellemzőitől. E tényező az Európai Unió nyomástartó direktíva (97/23/CE) elveinek és szabványainak (EN 13445) a beemelését jelenti a francia nukleáris szabályzatba (RCC-M Appendix A paragraph 7.4). A francia kód ebben nem követi az ASME gyakorlatát, a szilárdsági nyomáspróbák értékének a csökkentését.

Megjegyzés: A jelen értékelés a Class1 osztályú atomerőművi nyomástartó berendezések és csővezetékek előírásaira terjed ki. Az EU-direktíva és a kapcsolódó EN-szabványok ilyen módon való beemelése a francia nukleáris kódban az alacsonyabb biztonsági osztályban (Class2 és Class3) még nagyobb jelentőséggel bír, hiszen e módszerrel a nem-nukleáris iparági szereplők (tervezők–gyártók–vizsgálók) könnyebben bevonhatók a tevékenységi körbe.

5.2.2 A japán kód

A Japán Tervezési Kódot (*JSME Nuclear Code -JSME S-NC-1 2008: Rules on Design and Construction for NPPs, Division 1, LWRs*) jelenleg a hazai atomerőművi tervezések mellett egy törökországi létesítménynél alkalmazzák.

Sajátosságok (általános):

- ◆ A japán kódban a minőségbiztosítás és tanúsítás előírásai eltérnek;
- ◆ A kód hegesztőanyagokat nem határoz meg;
- ◆ A kód több más kódban alapvető fogalmat nem definiál, például a névleges vastagságot, a nyomástartó anyagot;
- ◆ A minőségbiztosítás a japán ipari szabványok (JIS) alkalmazására épül.



A tervezési előírások sajátosságai a japán kódban:

- ◆ Az analízis elvei hasonlóak. A különbség az, hogy amíg például az ASME az elsődleges, illetve az elsődleges + másodlagos feszültséganalízis elveit írja le, addig a japán kód igen részletesen leírja a módszertant is. Az alkalmazott tényezők sok esetben eltérnek (ha kis mértékben is), ami a nemzeti kutatási programok eredményeinek a visszacsatolását jelenti. Több olyan fejezet is azonosítható a kódban, amelyek más országok szabályzatiban nem találhatók, például a gőzfejlesztők U csöveinek rezgésével foglalkozó előírás vagy a hőfáradással foglalkozó. A szabályozások mögött a legtöbb esetben kutatási eredmények, üzemelési tapasztalatok állnak.
- ◆ Különlegessége, hogy a tervezésnél korróziós vagy eróziós pótlékot nem határoznak meg, ez egy későbbi fázis feladata, a nemzeti szabványok (JIS) alapján.
- ◆ A megengedhető feszültségek eltérnek, illetve az A és B terhelési állapotban nem határoznak meg értéket.
- ◆ A földrengés, mint terhelési eset kezelése és megengedhető értékei eltérnek.
- ◆ Csővezetékek, szivattyúk, szelepek esetében kisebb eltérések, pontosítások jelennek meg.

5.2.3 A koreai kód

A koreai nukleáris kód (KEPIC) egy folyamatosan fejlesztett dokumentum, amióta az első atomerőmű üzemelése megkezdődött Koreában 1978-ban (Kori NPP). A koreai jogszabályok alakulása eltér más országokétól, mert építettek francia, kanadai és amerikai blokkokat és minden esetben átvették a szállítók szabályzatát a blokképítéssel együtt.

A koreai szabályozás igen nagymértékben megegyezik az ASME-előírásokkal, de több ponton nemzeti kiegészítéseket használnak. Érdekesség például a kódszimbólumok rendszere, ami elveiben hasonló az ASME-hoz vagy a roncsolásmentes vizsgáló személyzet tanúsítása, ami kismértékben eltér.

5.2.4 Az EN-direktíva (kód)

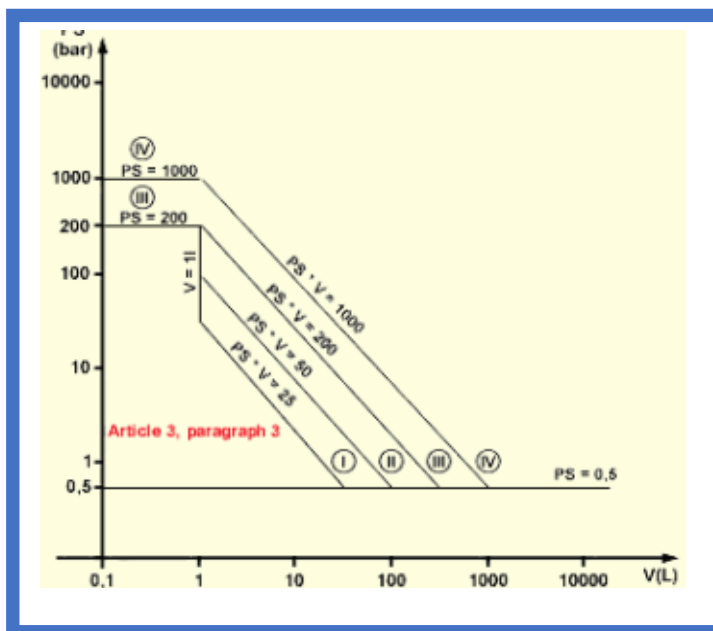
Több ország szabályozásában a nukleáris biztonsági osztályba sorolt nyomástartó edények és csővezetékek tervezésénél – bizonyos korlátozásokkal és kiegészítésekkel – az Európai Nukleáris Kódot alkalmazzák. A Kód (ténylegesen egy direktíva, melynek a jele 97/23/CE) mögött harmonizált szabványrendszer található. E rendszerből emeljük ki a nyomástartó edények tervezése (EN 13445-3) és a csővezetékek tervezése (EN 13480-3) szabványokat.

A nyomástartó edények műszaki biztonsági követelményei szerinti besorolás és megfelelés értékelés modul rendszerű (pl. töltetgáz, nyomás alatt oldott gáz, gőz és olyan folyadék, amelynek gőznyomása a megengedhető legnagyobb hőmérsékleten nagyobb, mint 0,5 bar túlnyomás, 1. csoportú anyag).

A nyomástartó edények és csővezetékek tervezési elveit a 157. ábra mutatja.



157. ábra. EN-direktíva tervezési elvei



A szabvány atomerőművi felhasználása sok vitára ad okot, hiszen a $p \times V$ (nyomás $\times$ térfogat) és a kapcsolt közeg figyelembevételének a módja nem tükrözi a nukleáris létesítmény biztonsági szintjét, a valós kockázatot. A nukleáris berendezések sajátosságai: radioaktív közeg, sajátos igénybevételi módok, földrengés figyelembevétele, feszültséganalízis szükségessége, élettartam ellenőrzése fáradásra, roncsolásmentes vizsgálatok minősítése, külön biztonsági szabályzat érvényes, az osztályba sorolás (ABOS 1, 2, 3,) a meghatározó.

A tervezési alapelvek azonosak a nukleáris szabályzatokban előírtakkal:

- ◆ Mohr-szerinti redukált feszültség: $\sigma_{eq} = \max \{ |\sigma_1 - \sigma_2|, |\sigma_2 - \sigma_3|, |\sigma_3 - \sigma_1| \}$
- ◆ maximális alakváltozási energia elve szerint (von Mises):

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - \sigma_1 \cdot \sigma_2 - \sigma_2 \cdot \sigma_3 - \sigma_3 \cdot \sigma_1}$$

- ◆ redukált feszültségamplitúdó: Mohr

$$\Delta\sigma_{eq} = \max \{ |(\Delta\sigma)_1 - (\Delta\sigma)_2|, |(\Delta\sigma)_2 - (\Delta\sigma)_3|, |(\Delta\sigma)_3 - (\Delta\sigma)_1| \}$$

von Mises

$$\Delta\sigma_{eq} = \sqrt{(\Delta\sigma)_1^2 + (\Delta\sigma)_2^2 + (\Delta\sigma)_3^2 - \Delta\sigma_1 \cdot \Delta\sigma_2 - \Delta\sigma_2 \cdot \Delta\sigma_3 - \Delta\sigma_3 \cdot \Delta\sigma_1}$$

- ◆ nagy szerkezeti folytonossági hiány: feszültség-vagy alakváltozáscsúcs forrása, a szerkezet nagy részére van hatással, pl. csatlakozási zóna, falvastagság-változás, kivágások, csonkok környezete.

A részleteket elemezve sok eltérés azonosítható, például:

- ◆ a nyomáspróba-értékek 1,43 x üzemi nyomásérték is lehet;
- ◆ a korróziópótlék-rendszer eltér;
- ◆ a roncsolásmentes vizsgálatok terjedelme és vizsgálati eljárásai eltérnek;



- ◆ a terhelési esetek eltérnek;
- ◆ sajátos műszaki megoldások megengedettek (pl lazakarima alkalmazása);
- ◆ az alapanyagok az EN 13445-2 szabványból vehetők, nem szabványos anyagoknál a bizonylatok elfogadhatók a számításoknál.

A nyomástartó edények tervezési előírásának a sajátossága továbbá, hogy:

- ◆ a szabályok alkalmazhatók képletek alapján történő tervezésre (*DBF – Design by Formulas*);
- ◆ a feszültséganalízis alapján történő tervezésre (*DBA – Design by Analysis*);
- ◆ a tervezési tapasztalatok alapján történő tervezésre (*DBE – Design by Experience*).

A csővezeték-tervezési szabványa az EN 13480-3. A szabvány rendkívül részletes (360 oldal), sok műszaki megoldást mutat be. Példa erre a tömítőrendszerek fejezet, ahol a gumigyűrűs tömítéstől az expandált grafit-tömítésig szinte minden kombináció szerepel, bár ismert, hogy a csővezetéki rendszereknél a ringjoint-tömítés alkalmazása a leggyakoribb.

Olyan megoldások is megjelennek, amiket a nukleáris biztonsági rendszereknél nem fogadnak el, példa erre a roncsolásmentes vizsgálatok nélküli (kizárólag szemrevételezés) állapot, illetve ennek tervezési tényezője.

A hagyományos erőművi alap és hegesztőanyagok igen széles kört ölelnek fel, lényegesen szélesebbet, mint a nukleáris ipar nyomástartó berendezései. Sok sajátos szabály szükséges a széles tartomány gyártásának, hőkezelésének, hegesztésének az előírásaihoz, hiszen a normalizált, termomechanikusan kezelt, nemesített acélok mellett az alacsony Cr, vagy Cr-Mo ötvöztetésű szerkezeti anyag a jellemző. Ugyanakkor az üzemi hőmérsékletek magasabbak is lehetnek, mint a nukleáris ipar nyomástartó berendezéseinél.

Az EN-rendszernek van egy olyan értelmezése atomerőművi tervezés esetén, hogy ha a rendszerben lévő közeg nem rendelkezik aktivitással, akkor szabad az alkalmazható megoldásokat, számítási módszereket e szabványokból venni. Ugyanakkor az MSZ 13445-1 lapja tartalmazza, hogy a szabvány akkor alkalmazható kifejezetten nukleáris létesítménybe tervezett berendezésekre, ha a veszélyelemzésből, a szabályokból adódó többlet vagy kiegészítő előírások teljesülnek. A szabályok itt az NBSZ-t jelentik.

5.3 AZ OROSZ SZABÁLYOZÁS

5.3.1 Az orosz szabályozás fejlődése

A nyomástartó berendezésekre és csővezetéki rendszerekre vonatkozó azon szabályozást tekintjük át elsősorban, amelyek a Paks II-létesítmény tervezéséhez és a nyomástartó berendezések és csővezetékek gyártásához kapcsolódnak.

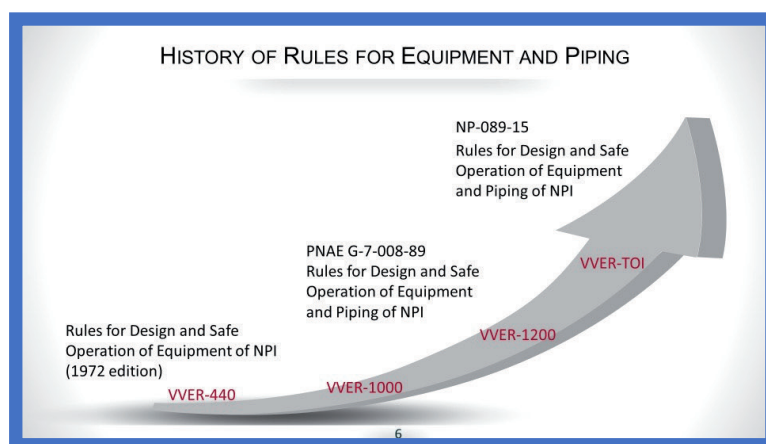
Az Orosz Föderáció nukleáris biztonsági szabályzatainak jelentős része a nyomástartó berendezés és csővezetékek tervezését, gyártását tartalmazza, külön részletes, a legtöbb elemében igen konzervatív elveket követ.

Az orosz szabályozás a normatív dokumentumok rendszere. Az 1972-es kiadású előírások alapján tervezett és épített Paks Atomerőmű négy blokkjának létesítése utáni időszakban korszerűsítették



a szabályzatokat és a '80-as évek végén PNAE-jelzettel adták ki. A műszaki tartalmat tekintve már a VVER 1000-es blokk képezte az alapot és a létesítések nagy száma csak a csernobili balesetet követően csökkent le. Hosszú szünet után, a Szovjetunió felbomlását követően a nukleáris szabályzatokat új azonosítóval (NP) adták ki, lásd a 158. ábrát. A rendszer alapstruktúrája változatlan maradt. Nagyszámú, kizárólag atomerőművi létesítményekre kiadott szabályzat (ma közel 100 db NP-jelű szabályzat hatályos) igen részletes előírást ad a létesítés minden fázisához, a telephely kiválasztástól a leszerelésig. Alkalmazásuk (hasonlóan a nemzeti szabványokhoz) kötelező. Az Orosz Föderáció nemzeti szabványai közül a korábbiak GOSZT, a ma kiadottak GOSZT-R jelzettel kerülnek kiadásra. A GOSZT-R olyan, a Szovjetunió felbomlása után kidolgozott szabványrendszer, mely kötelező az utódállamokban is. A fejlődésnek van több új iránya is. A korábbi nukleáris szabályzatok közül több a GOSZT-R rendszerbe került át, példa erre a minőségtanúsítási és anyagvizsgálati szabványok (GOSZT-R ISO 9001–2015 *Quality Management Systems. Requirements*). Sajátosság az Orosz Föderáció szabványrendszerében, hogy a villamos/irányítástechnika meghatározó szabványainak a fejlesztése leállt, a Nemzetközi Elektrotechnikai Bizottság (IEC) illetve az ISO szabványait veszik át és adják ki GOST R IEC/GOST R ISO/IEC szabványként (orosz átírásban ГОСТ Р МЭК, ГОСТ Р ИСО/МЭК).

158. ábra. A nyomástartó berendezések és csővezetékek tervezésére és üzemeltetésére vonatkozó orosz hatósági előírások korszerűsítésének állomásai.

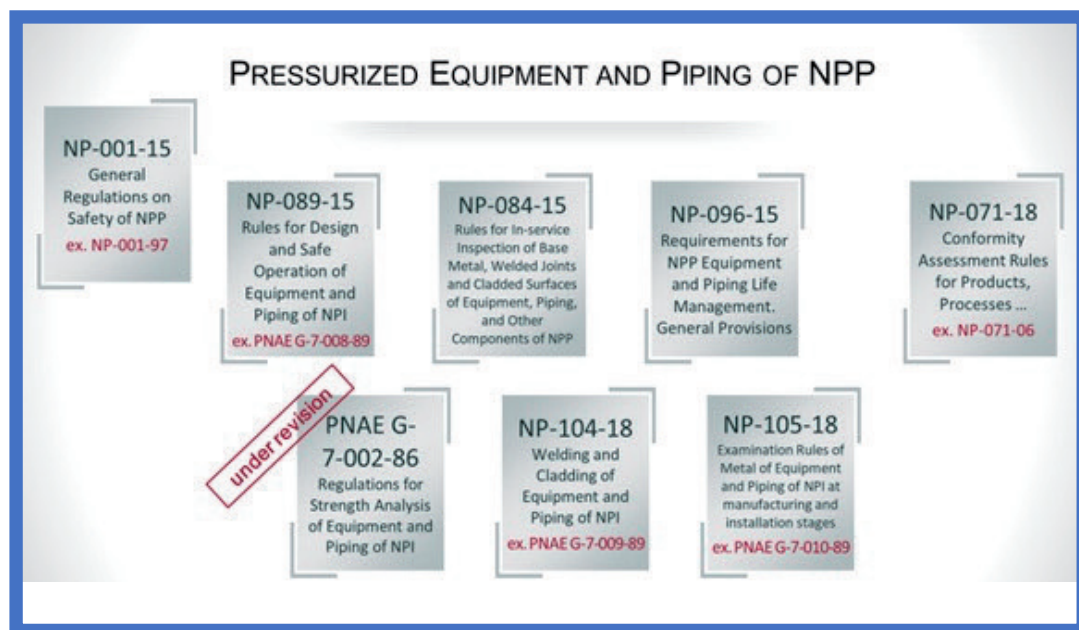


A hatályos rendszerben a korábbi tervezési szabályzat még a mai napig érvényes, 159. ábra. Ez igen nagy nehézséget jelent a létesítési fázisban lévő atomerőművek esetében, hiszen egy több mint 30 éves tervezési előírást kell alkalmazni, összehangolni jóval későbbi kiadású (korszerűbb) szabályzatokkal. Tovább nehezíti a helyzetet, hogy a tervezési előírás (PNAE G-7-002) három további szabályzatra épül, melyek helyett már új előírások hatályosak. Ezek a következők:

- ◆ PNAE G-7-008-89. Atomerőművek berendezések és csővezetékek biztonságos üzemeltetésének a szabályai.
- ◆ PNAE G-7-009-89. Berendezések és csővezetékek atomerőművi létesítményekben. Hegesztés és felrakóhegesztés. Alapvető szabályok.
- ◆ PNAE G-7-010-89. Berendezések és csővezetékek atomerőművi létesítményekben. Hegesztett kötések és felrakóhegesztések. Az ellenőrzés szabályai.



159. ábra. A hatályos orosz nyomástartó berendezés és csővezeték-szabályozás rendszere.



További kérdés, hogy a szakértői elemzések alapján az új szabályzatok összhangban vannak-e a NAÜ érvényes előírásaival (*IAEA Safety Standard SSR-2/1 Rev.1 Structure*). Az NP-rendszer nem hierarchikus, de úgy értelmezhető, hogy az NP-001-15 az irányító dokumentum, tehát az egész NP-sorozat alkalmazását meghatározó. E rendszert szembe állítva a NAÜ-előírásokkal, a megfelelés (a rendszerek egyenértékűsége) igazolható.

5.4 OSZTÁLYBA SOROLÁSOK AZ OROSZ SZABÁLYZATOKBAN

Az NP-001-015 orosz szabályzat II. fejezetének címe: „Rendszerek és komponensek osztályozása”.

5.4.1 Biztonsági osztályok

Az NP-001-015 orosz szabályzat négy biztonsági osztályt különböztet meg, aszerint, hogy egy rendszer meghibásodása milyen következményekkel járhat az üzemanyag elemek károsodására:

- ◆ **Safety Class 1 (rövidítve: SC 1)** Idetartoznak az üzemanyagelemek és azok a rendszerek, amelyek meghibásodása üzemanyag-károsodáshoz vezethet és a biztonsági rendszerek tervezési határértékeit meghaladó hűtőközeg-vesztéssel jár.
- ◆ **Safety Class 2 (rövidítve: SC 2)** Idetartoznak
 - ◇ azok a rendszerek, amelyek meghibásodása üzemanyag-károsodáshoz vezethet, de a hűtőközeg-vesztés a biztonsági rendszerek tervezési határértékeit nem haladja meg, figyelembe véve a tervezési alapon meghatározott együttes meghibásodások számát is,
 - ◇ azok a biztonságirendszer-komponensek, amelyek egyszeres meghibásodása következtében sérülhetnek a tervezési alapon meghatározott határértékek.



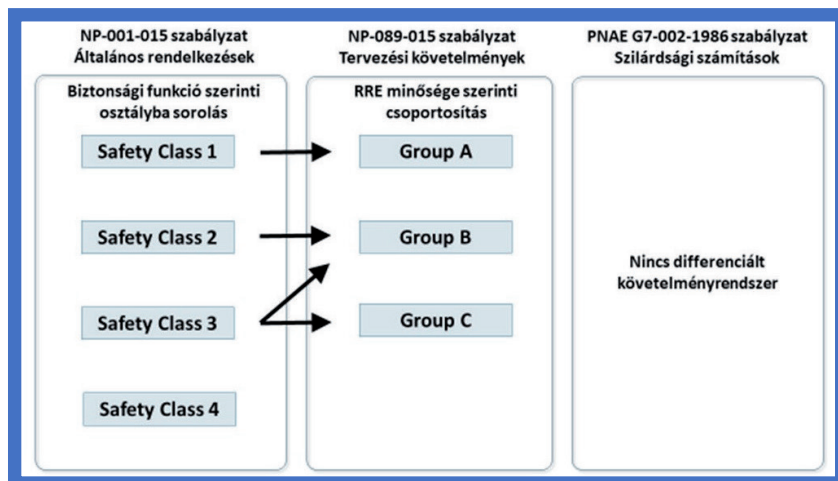
- ◆ **Safety Class 3 (rövidítve: SC 3)** Idetartoznak a magasabb (SC 1, vagy 2-be) nem sorolt, biztonsági funkciót ellátó rendszerek és komponensek.
- ◆ **Safety Class 4 (rövidítve: SC 4)** Idetartoznak azok a rendszerek és komponensek, amelyek normál üzemben nincs hatásuk a biztonságra, de a tervezési alapon túli balesetek kezelésében részt vesznek és nincsenek magasabb osztályba sorolva.

5.4.2 Tervezési csoportok

Az NP-089-15 orosz tervezési szabályzat a berendezésekre és csővezetékekre vonatkozó követelményeket csoportokra bontva határozza meg. A csoportokba sorolás célja, hogy egy meghatározott komponensre vonatkozó tervezési követelményeket differenciáltan határozza meg a biztonság szempontjából betöltött feladataik függvényében. Három csoportot különböztet meg, és ezekhez hozzárendeli az előző pontban vázolt SC biztonsági osztályokat, 160. ábra:

- ◆ **Group A:** SC 1-be sorolt komponensek;
- ◆ **Group B:** SC 2-be sorolt komponensek és az SC 3-ba soroltak közül azok
 - a) amelyek meghibásodása aktív zóna hűtőközeg veszteséssel jár, és ennek mértéke meghaladja a normál üzemben megengedettet;
 - b) amelyek meghibásodása biztonsági rendszer működési hibához vezethet;
 - c) amely folyékony fém hűtőközeggel érintkezik, függetlenül annak meghibásodási következményeitől (nem VVER-specifikum).
- ◆ **Group C:** Azok az SC 3 komponensek tartoznak ide, amelyek meghibásodása:
 - a) aktív zóna hűtőközeg veszteséssel jár, de ennek mértéke nem haladja meg a normál üzemben megengedhetőt;
 - b) biztonsági rendszer működtetését teheti szükségessé;
 - c) biztonsági rendszer sorozat egyik sorának meghibásodásához vezethet;
 - d) a beállított értékű, maximálisan megengedhető aktívanyag-kibocsátás túllépésével jár, vagy munkaterület megengedett túllépő radioaktív szennyeződését eredményezheti.

160. ábra. Atomerőművi nyomástartó RRE-kre vonatkozó tervezési követelmények differenciálásának rendszere, kapcsolat a tervezési követelmények és a szilárdsági ellenőrző számítások között.



Az NP-089-15 orosz tervezési szabályzat követelményrendszere a tervezés mellett az alábbiakra terjed ki:

- ◆ anyagmegválasztás;
- ◆ gyártás;
- ◆ gépészeti tervezés, kivéve a szilárdsági, ridegtörési elemzéseket;
- ◆ szerelés;
 - ◇ nyomáspróbák;
 - ◇ túlnyomásvédelem;
 - ◇ műszaki felülvizsgálatok (üzembe helyezés előtti, utáni és időszakos vizsgálatok);
 - ◇ üzemeltetés;
 - ◇ javítások;
 - ◇ dokumentációk.

Az NP-089-15 szabályzat hatálya nem terjed ki:

- ◆ az üzemanyagra;
- ◆ mechanikus vagy villamos irányítástechnikai berendezésekre;
- ◆ átrakógépekre;
- ◆ átrakó és pihentető medencék belső fém burkolatára;
- ◆ nemfém alapanyagú berendezések és csővezetékek házaira;
- ◆ turbinaházra, első elzáró szerelvényeire;
- ◆ tartószerkezetekre, elmozdulás korlátozókra;
- ◆ tömítésekre;
- ◆ tartályok túlfolyó rendszereire;
- ◆ olyan diagnosztikai, mérő- és mintavevő rendszerekre, melyek 3. osztályú berendezésekhez kapcsolódnak és névleges belső átmérőjük kisebb mint 15 mm;
- ◆ karbantartáshoz, javításhoz használt berendezésekre és csővezetékekre.

A tervezők a fenti berendezésekre és csővezetékekre a szabályzat egyedi követelményeit és rendelkezéseit alkalmazhatják.

5.4.3 Földrengés Biztonsági kategóriák

Az NP-031-01 szabályzat az RRE-k földrengéssel szembeni ellenállásának kritériumaival foglalkozik. Földrengés-ellenállásnak (Seismic resistance) nevezi az RRE azon tulajdonságait, hogy mennyire képes fenntartani a biztonság szempontjából fontos funkcióit. Három kategóriát különböztet meg:

- ◆ I. Földrengés kategória (*Seismic Category I*). Idetartoznak a biztonsági rendszerek és általában az 1. és 2. biztonsági osztályba (Safety Class 1 és 2) sorolt RRE-k, melyek **MCE** alatti meghibásodása aktivitás kibocsátáshoz vezethet.
- ◆ II. Földrengés kategória (*Seismic Category II*). Idetartoznak általában azok az RRE-k melyek **DE**



alatti meghibásodása az energiatermelés megszakadásával járhat és általában a 3. Biztonsági osztályba (Safety Class 3) sorolt RRE-k.

- ◆ III. Földrengés kategória (*Seismic Category III*). Idetartoznak az I. vagy a II. kategóriába nem sorolt RRE-k.

5.4.4 A nyomástartó berendezések és csővezetékek és hegesztési kötések besorolási rendszere

Az NP-105 szabályozza a nyomástartó berendezések és csővezetékek ellenőrzésének a szabályait. Tartalmazza a tervezés és a gyártás olyan alapvető kategóriáit, melyek alapján a tervezéskor, a gyártáskor és továbbiakban az üzemelés alatt is az ellenőrzések (roncsolásmentes és roncsolásos vizsgálatok) alkalmazásra kerülnek. Ez alapján a nyomástartó berendezéseket és csővezetéseket egy sajátos rendszer szerint kell besorolni, melynek alapja egy csoportbesorolás (A vagy B) és egy hegesztési kötés kategória (I, II, III, illetve a) b) és c) alcsoport alkalmazása együttesen.

Részleteket tekintve:

- ◆ I. kategória – az A csoportba tartozó berendezések és csővezetékek hegesztett kötései.
- ◆ II. kategória – a B csoportba tartozó berendezések és csővezetékek hegesztett kötései, amelyek érintkeznek a radioaktív hűtőfolyadékkal.
- ◆ III. kategória – a B csoportba tartozó nyomástartó berendezések és csővezetékek hegesztett kötései, amelyek nem érintkeznek a radioaktív hűtőközeggel, valamint a C csoportba tartozó berendezések és csővezetékek hegesztett kötései.

A II. és III. kategóriájú nyomástartó berendezésének és csővezetékének hegesztett kötései, az üzemi nyomástól függően a következő alkategóriákra oszthatók:

- ◆ IIa. alkategória – nyomástartó hegesztett kötések 5 MPa felett;
- ◆ IIb. alkategória – hegesztett kötések, legfeljebb 5 MPa nyomás alatt;
- ◆ IIIa. alkategória – 5 MPa feletti nyomás alatt működő hegesztett kötések;
- ◆ IIIb. alkategória – hegesztett kötések, amelyek 1,7 MPa és 5 MPa közötti nyomás alatt üzemelnek;
- ◆ IIIc. alkategória – hegesztett kötések, amelyek 1,7 MPa nyomás alatt és légköri nyomás alatt működnek (vákuum alatt).

A IIIc. alkategóriát kell alkalmazni az üzemanyagtároló, -pihentető és -átrakó medencék hegesztett kötéseinél.

Elvi kérdés, hogy milyen kapcsolat azonosítható egy rendszer nyomása és a biztonsági funkció között? Korszerű-e a nyomáskategóriák (alkategóriák) alkalmazása a mai funkcióelemzési megközelítést figyelembe véve? Mik a tapasztalatok? Milyen kategóriába kell sorolni egy biztonsági hűtővíz, vagy egy pihentető medence 1 MPa alatti üzemi nyomású csővezetékét? E megközelítés nincs összhangban az NBSZ előírásaival, hiszen a hazai szabályozásban az atomerőmű rendszereit és rendszerelemeit biztonsági hatásuk és meghibásodásuk következményei alapján kell biztonsági osztályokba és nem biztonsági osztályba sorolni.



A létesítés egyik feltétele, hogy meg kell felelni a hazai biztonsági szabályozásnak, tehát amennyiben a rendszereket és a berendezéseket besorolják a létesítési engedélykérelem (LEK) dokumentumban az ABOS-rendszerbe, további feladatok generálódnak. E besorolás ugyanis egy elvi szint, és amennyiben az Orosz Föderáció NP-jelű szabályzatait használják a nyomástartó edények és csővezetékek gyártására, vizsgálatára, akkor a további kapcsolatokat pontosító, kiegészítő dokumentumokra van szükség. Az NP szabályzatok alkalmazásához az orosz és a magyar kategóriák egyértelmű összerendezése szükséges, hiszen ez az elvi alap megjelenik minden gyártási engedélykérelemben. Az orosz nyomástartó berendezések és csővezetékek hegesztési előírásait az NP-104 szabályzat tartalmazza.

A hegesztési előírások jellemzői:

- ◆ konzervatívak, sok konstrukciós és üzemelési tapasztalat áll a varratok kialakítása mögött;
- ◆ teljes beolvadású tompavarratokat alkalmaznak;
- ◆ hosszvarratokat nem alkalmaznak a reaktortartályon;
- ◆ olyan kovácsolási (sajtolási) technológiákat fejlesztettek ki, amelyek a hegesztett kötések számát csökkentették; az alkalmazható varratkonstrukciót egyszerűsítették (reaktortartály csonkzóna – főkeringtető vezeték kapcsolat);
- ◆ nagy falvastagságú nyomástartó edények és nagyatmérőjű vezetékek belső felülete plattírozott;
- ◆ heterogén hegesztett kötések csak kisátmérőjű csővezeteki kapcsolatoknál alkalmaznak;
- ◆ tipizált csonkhegesztési megoldásokat alkalmaznak;
- ◆ a hegesztéstechnológia jóváhagyása vezető tudományos intézetekben történik;
- ◆ az alkalmazott hegesztőanyagok mögött sok felhasználási tapasztalat van;

A hegesztéstechnológia jóváhagyása időigényes a tudományos intézeti közreműködés miatt, de a szakmai megfelelőség garantált. Ugyanakkor a gyártó felelőssége csökken és egy technológiai probléma megjelenésekor a hibák kijavítása, a problémák okainak feltárása igen hosszadalmas. A hegesztő személyzet alkalmasságát tanúsító minősítési rendszer hatálya a nukleáris létesítményre terjed ki, e miatt a technológiák köre korlátozott. E megoldás egyben nehezíti a hegesztő személyzet bevonását a nem nukleáris ipari (vagy nem biztonsági) osztályú berendezéseken dolgozó szervezetektől.

Az orosz szabályzat alkalmazásának a hátránya, hogy az jelentősen korlátozza a technológiai lehetőségeket, ami megnehezíti a korszerű eljárások, új hegesztőanyagok alkalmazását (lézer, elektron-sugaras). A hegesztőanyagok beszerzése az Orosz Föderációban a hagyományos tervutasításos módszerrel történik. E feltételnek megfelelően alternatív megoldást is szerepeltetnek sok hegesztőanyag esetében. Például, egy adott fedettívű huzal- és fedőpor-kombináció esetében alternatív huzal, fedőpor kombinációt is megjelölnek. Ez más országok gyakorlatában ismeretlen, hiszen az adott kombinációra kell érvényes technológiavizsgálattal rendelkeznie a gyártónak.

E megfontolásokkal összhangban a jelenleg kiadott létesítési engedélyek az Orosz Föderációban 30 évre kerültek (kerülnek) kiadásra. Bár az orosz szakértők nagyszámú előadást tartanak – elsősorban azokban az országokban, ahol orosz atomerőmű létesül –, de a belső szabályozás ellentmondásainak a kezeléséről nem adnak információt. Így tényként közlik azt, hogy a PNAE-G-7-002 alapelveihez és a gyakorlati alkalmazásához a már említett PNAE-G-7-008, -009 és -010 tartozik és ezen szabályzatok ma hatályon kívül vannak, illetve ezen szabályzatok új megfelelői (NP-089-15, NP-104-18 és NP-105-18) érvényesek. Nem ismert az sem, hogy az új szabályzatok például NP-068-05 (*Piping Valves for NPP General Safety Requirements*), NP-084-15 (*Rules for inservice inspection of Base metal Welding joints and clad surface of equipment piping or other components of NPP*), NP-096-15 (*Requirement for*

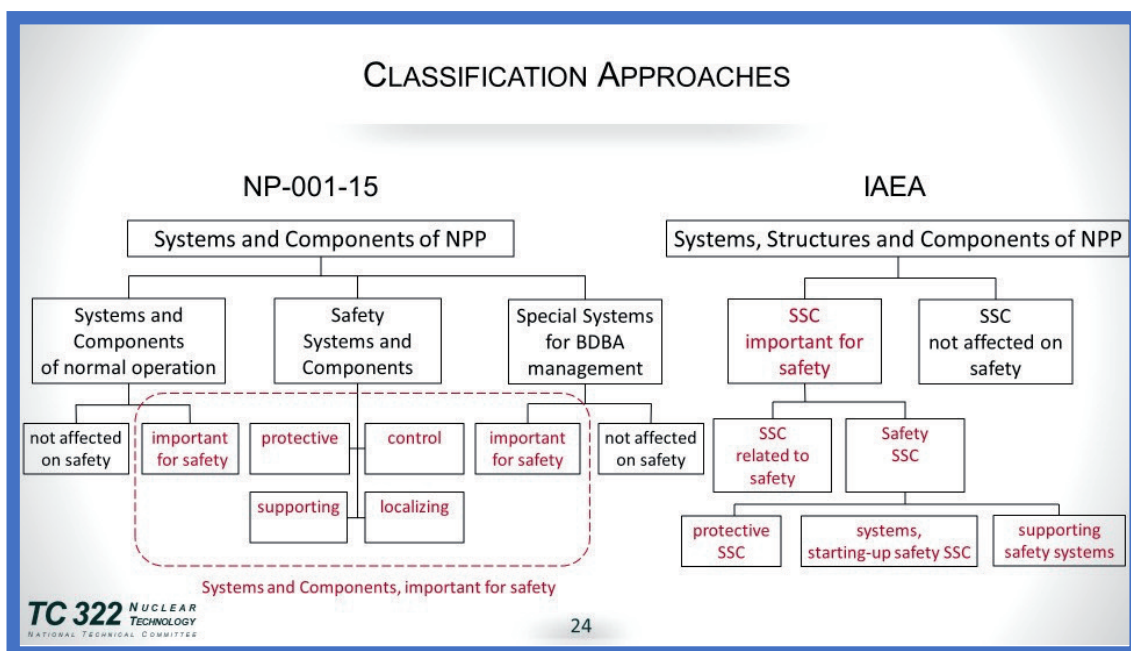


NPP of Equipment and Piping Life Management. General provision) hogy működnek együtt az NP-001-15 (*General Regulation on Safety of NPP*) szabállyal, illetve az NP-006-03 (*Requirement of Safety Analysis Report of NPP with VVER Reactors*) alkalmazása milyen feltételek mellett történik. A PNAE G-7-002 hiányosságait több módon próbálják kezelni, például új fejlesztésű szabályzat – NP-031-01 (Földrengés), alacsonyabb szintű előírás – OTT 1.5.2.01.999.0157-2013 (tartószerkezetek), vagy útmutató szintű előírás (RD EO 1.1.2.99.0920-2014 (ridegtöréssel szembeni ellenállás igazolása) alkalmazásával. Ezek megalapozó dokumentumai, a beillesztésére, vagy az adott előírás megalapozására, sem az alkalmazhatóságára vonatkozó háttérinformációk nem ismertek.

5.4.5 Az orosz osztályozási rendszer és a NAÜ-előírások összehasonlítása

Az orosz osztályozási rendszer nem teljesen azonos a nemzetközi gyakorlatban elterjedt osztályozással, 161. ábra.

161. ábra. Az orosz és a NAÜ-osztályozások rendszerszintű eltérései



Fontos megjegyezni, hogy lényeges különbség van az orosz szabályozásban és a nemzetközi gyakorlatban általánosan alkalmazott, azonos megnevezésű fogalmak műszaki tartalma között is.

5.5 AZ OROSZ NYOMÁSTARTÓ EDÉNYEK ÉS CSŐVEZETÉKEK TERVEZÉSÉNEK SZABÁLYOZÁSA

5.5.1 Általános előírások

Az orosz nyomástartó edények és csővezetékek tervezésének két szintje azonosítható. Az első szint az NP-089-15 jelű tervezési szabályzat, mely általános elveket és előírásokat tartalmaz és követelményrendszere a tervezés mellett az alábbiakra terjed ki:

- ◆ anyagmegválasztás;
- ◆ gyártás;
- ◆ gépészeti tervezés, kivéve a szilárdsági, ridegtörési elemzéseket;
- ◆ szerelés;
- ◆ nyomáspróbák;
- ◆ túlnyomásvédelem;
- ◆ műszaki felülvizsgálatok (üzembe helyezés előtti, utáni és időszakos vizsgálatok);
- ◆ üzemeltetés;
- ◆ javítások;
- ◆ dokumentációk.

A nyomástartó edények és csővezetékek tervezésének az előírása a PNAE G-7-002 szabályzat:

A PNAE G-7-002-86 szabályzat a nyomásnak (beleértve a hidrosztatikus nyomást is) és vákuumnak kitett edények (beleértve a reaktortartályt, a biztonsághoz kapcsolódó edényeit, gőzfejlesztőket és hőcserélőket) tervezésére alkalmazható, a szivattyúk és szelepek házaira, valamint az atomerőművi csővezetésekre, melyek az A, B és C tervezési csoportba tartoznak. A PNAE G-7-002-86 csak a nukleáris biztonság szempontjából nyomástartó funkciót ellátó komponensekre alkalmazható. Tehát a PNAE G-7-002-86 előírása alapján végzett analízis bármely nyomástartó edényre és csővezetékre alkalmazható a hazai szabályozás szerinti ABOS1, ABOS2 és ABOS3 biztonsági osztályban.

A PNAE G-7-002-86 közvetlenül nem alkalmazható az alábbi berendezések és csővezetékek tervezésére:

- ◆ üzemanyag;
- ◆ mechanikus vagy villamos irányítástechnikai berendezések;
- ◆ átrakógépek;
- ◆ átrakó és pihentető medencék belső fém burkolata;
- ◆ nemfém alapanyagú berendezések és csővezetékek házai;
- ◆ turbinaház, első elzáró szerelvények;
- ◆ tartószerkezetek, elmozdulás korlátozók;
- ◆ tömítések;
- ◆ tartályok túlfolyó rendszerek;
- ◆ olyan diagnosztikai, mérő- és mintavevő rendszerek, melyek 3. osztályú berendezésekhez kapcsolódnak és névleges belső átmérőjük kisebb, mint 15 mm;
- ◆ karbantartáshoz, javításhoz használt berendezések és csővezetékek.

5.5.2 Anyagmegválasztás

Az orosz szabályozás egy – a nemzetközi gyakorlatban szokatlan – eljárást alkalmaz a tervezők számára, az anyagmegválasztás terén alternatívákat ad. Megengedett szabványokból (GOSZT vagy OSZT), gyártóművek által kidolgozott előírásokból (TU) lehetséges az anyagjellemzők megválasztása, amelyek kismértékben eltérők is lehetnek. A PNAE G-7-002 3.7. pontja szerint, ha nincs releváns adat, kötelező a tervezési szabályzat A1.1 vagy A1.4 táblázatait alkalmazni.



A főberendezések alapanyag szabványait a 24–27. táblázatok tartalmazzák.

24-27. táblázat: Orosz alapanyag-szabványok

Reactor Vessel and Cover		Steam Generator	
15Kh2NMFA 15Kh2NMFA-A 15Kh2NMFA class 1	TU 0893-013-00212179-2003	10GN2MFA 10GN2MFA-Sh	TU 0893-014-00212179-2004
08Kh18N10T	OST 108.109.01-92 TU 14-3P-197-2001 GOST 9941-81 GOST 7350-77 GOST 5582-75 GOST 5949-75	08Kh18N10T	OST 108.109.01-92 TU 14-3P-197-2001 GOST 9941-81 GOST 7350-77 GOST 5582-75 GOST 5949-75
		38KhN3MFA	GOST 23304-78
Pressurizer		ECCS Piping, Pressurizer Piping	
10GN2MFA	TU 0893-014-00212179-2004	08Kh18N10T	TU 14-3P-197-2001
38KhN3MFA	GOST 23304-78		
Reactor Coolant Pump		Pressure Relief Tank (Bubbler)	
06Kh12N3D	TU 108.1425-86	08Kh18N10T	OST 108.109.01-92 TU 14-3P-197-2001 GOST 9941-81 GOST 7350-77 GOST 5582-75 GOST 5949-75
14Kh17N2	TU 108-11-665-82		
08Kh18N10T, 12Kh18N10T	OST 108.109.01-92		
10GN2MFA	TU 0893-014-00212179-2004		
Primary Coolant Piping		ECCS Accumulator	
10GN2MFA + cladding	TU 108.1197-83	22K + cladding	TU 0900-005-05764417-99
10GN2MFA-VD	TU 0893-014-00212179-2004	38KhN3MFA	GOST 23304-78
08Kh18N10T	OST 108.109.01-92	22K	TU 302.02.092-90

Általános tapasztalat, hogy a tervdokumentációk készítői a TU-k előírásait választják. A hivatkozott A 1.1 táblázatban a mechanikai tulajdonságok (szakítószilárdság, folyáshatár, nyúlás, kontrakció) 20 és 350°C közötti adatai szerepelnek 50°C-onkénti köztes értékekkel.

5.5.3 Megengedhető feszültségek és Biztonsági tényezők

A PNAE G-7-002 3.4. 3.5 és 3.6 pontjai tartalmazzák a megengedhető feszültségeket és a biztonsági tényezőket, melyek az alábbiak:

A berendezések és a csővezetékek nyomással terhelt alkatrészeinek megengedhető névleges feszültsége:

$$[\sigma] = \min\{R_m^T/n_m; R_{p0.2}^T/n_{0.2}; R_{mt}^T/n_{mt}\}.$$

Belső nyomás terhelés esetén,

$$n_m = 2.6; n_{0.2} = 1.5; n_{mt} = 1.5.$$

A belső nyomást meghaladó külső nyomás esetén,

$$n_m = 2.6; n_{0.2} = 2; n_{mt} = 2.$$

A nyomás és a meghúzási erők által okozott megengedhető névleges feszültségek a csavarokban:

$$[\sigma]_w = R_{p0.2}^T/n_{0.2},$$

ahol $n_{0.2} = 2$.



Kiegészítésképpen azoknál a csavaroknál, ahol a hőmérséklet meghaladja a T_t hőmérsékletet, a névleges feszültségeket a nyomásból kell számítani az alábbiak szerint:

$$[\sigma]_{wt} = R_{mt}^T / n_{mt}^T$$

ahol $n_{mt} = 3$.

A köpenyek és a konténment esetében a megengedhető névleges feszültségek az alábbiak szerint

$$[\sigma]_c = \min\{R_m^T / n_m^T; R_{p0,2}^T / n_{0,2}^T\},$$

ahol $n_m = 1.85$; $n_{0,2} = 1.07$.

5.5.4 Névleges megengedhető feszültségek

$$[\sigma] = \min\left(\frac{R_m^T}{2.6}; \frac{R_{p0,2}^T}{1.5}\right)$$

BELSŐ NYOMÁS (TERHELÉS) ESETÉN

$$[\sigma] = \min\left(\frac{R_m^T}{2.6}; \frac{R_{p0,2}^T}{2.0}\right)$$

KÜLSŐ NYOMÁS (TERHELÉS) ESETÉN

$$[\sigma]_w = \min\left(\frac{R_{p0,2}^T}{2.0}\right)$$

CSAVAROKRA ÉS MENETEKRE

$$[\sigma]_c = \min\left(\frac{R_m^T}{1.85}; \frac{R_{p0,2}^T}{1.07}\right)$$

BIZTONSÁGI SZELEPEKRE

5.5.5 Falvastagság-pótlékok

A komponensek falvastagságának pótlékolását a PNAE G-7-002 4. pontja szerint kell meghatározni:

$$c = c1 + c2,$$

ahol $c1 = c11 + c12$.

A $c11$ pótléket a tervdokumentáció határozza meg, és feltételezhető, hogy egyenlő a falvastagság negatív tűrésével.

A $c12$ pótlék a gyártási folyamat miatti pótlék, amely a félkész termék vastagságának várható gyártás közbeni méretcsökkenésének kompenzálására szolgál. A $c12$ pótléket a tervező állapítja meg a gyártóval egyeztetve, és azt fel kell tüntetni a Tervezési Dokumentációban.

A $c2$ vastagsági pótlék a közeg korróziós hatásának a szerkezeti anyagra gyakorolt hatása az üzemelés során (a közeggel való kétoldalú érintkezés esetén feltételezzük, hogy a $c2$ érték megegyezik a teljes értékkel).



A méretezés során a korrózióálló plattírozás vastagságát nem szabad figyelembe venni. A névleges vastagságnak tehát meg kell felelni az alábbi egyenletnek:

$$s \geq s_R + c,$$

ahol s_R a tervezési vastagság.

28. táblázat. A 30 üzemévre megadott falvastagság pótlékok

Material and its welded joints	Medium properties	c_2 (mm) for 30 years
Austenitic stainless steels	Water and steam-water mixture, saturated steam with temperature of up to 350 °C	0.1
Pearlitic steels	Water, 40 - 160 °C	0.3
	Water, 160 - 270 °C	1.2
	Water, up to 350 °C, pH = 8 – 10	1.0
	Saturated steam, up to 300 °C	1.0
	Superheated steam	0.5
High-chromium steels	Water and saturated steam, up to 285 °C	0.1

29. táblázat. Korróziós pótlékok 30–50–60 évre

Material and its welded joints	Medium	Operating temperature	c ₂ (mm)		
			30 years	50 years	60 years
Primary Circuit Systems					
Austen- itic stainless steels	Primary circuit medium	up to 350°C	0.1	0.1	0.1
Secondary Circuit Systems					
Pearlitic steels	Secondary circuit medium	up to 40°C	0.3	0.3	0.3
		41–245°C	0.3	0.4	0.5
		246–330°C	1.0	1.0	1.0

A PNAE G-7 002 4.1 pont táblázatának módosított változata a 30–50–60 üzemévre megadott falvastagság pótlékokkal. módosított táblázat nem került beillesztésre. Nem ismert a megalapozó dokumentáció (kutatási jelentés, falvastagság mérési eredményssorozat, stb). Az orosz szakértői jelentésben a Paks II referencia-blokkjaként megjelölt Leningrád II. 1. blokk tervezési adatait jelölik meg forrásként.

A szabályzat felhívja a figyelmet a gyártási eljárások miatti (sajtolás, csőhajlítás stb.) helyi falvastagság-csökkenésre és a korrózióra, jelezve, hogy ezen eseteket a tervezéskor figyelembe kell venni.



5.5.6 Ellenőrző számítások

A szabályzat 5. pontja az ellenőrző számításokat írja le. A fő tervezési terhelések a következők:

- ◆ belső vagy külső nyomás;
- ◆ önsúly;
- ◆ további terhelések (a csatlakoztatott termékek súlya, a csővezeték szigetelése stb.);
- ◆ támaszok és a csővezetékek reakciójából eredő erők;
- ◆ hőhatások;
- ◆ vibrációs terhelések;
- ◆ szeizmikus terhelések.

Az üzemelési módok a következők:

- ◆ csavarok és anyák meghúzása;
- ◆ blokkindítás (névleges üzem);
- ◆ üzemzavari védelmi rendszer működtetése;
- ◆ reaktorteljesítmény-változás;
- ◆ leállítási;
- ◆ tömörségi vagy szilárdsági nyomáspróba;
- ◆ rendellenes működés;
- ◆ üzemzavar.

Az ellenőrzési számítás előírása hangsúlyozza:

- ◆ Az alapfém és a hegesztési varratok fizikai és mechanikai tulajdonságait az állami- vagy ipari szabványokból vagy előírásokból kell alkalmazni. Ezek hiányában kell a PNAE G-7-002 1. függelék P1.1 – P1.4 táblázataiból és a 6. függelékben megadott adatokat felhasználni.
- ◆ Az előírások nem szabályozzák a számított alkatrészek tervezési terhelésének, belső erőinek, elmozdulásainak, feszültségeinek és alakváltozásainak meghatározására használt módszereket. A kiválasztott módszer vegye figyelembe az összes tervezési esetre vonatkozó terhelést, és lehetőséget nyújtson a feszültségkategóriák összes szükséges számítási csoportjának meghatározására.
- ◆ A módszer kiválasztásáért a tervező szervezet felel, amely elvégezte a megfelelő számítást vagy kísérletet.



5.5.7 Feszültségkategóriák

Construction type	Design group of stress categories	Designation of calculation group of stress categories	Designations of components of stress categories included in this calculation group
Bodies of reactors, steam generators and vessels	Reduced general membrane stresses	$(\sigma)_1$	σ_m
	Reduced stresses determined by the sums of the components of general or local membrane and general bending stresses	$(\sigma)_2$	$[\sigma_m \text{ or } \sigma_{mL}] + \sigma_b$
	Range of reduced stresses determined by sums of components of general or local membrane stresses, general and local bending and general temperature and compensation stresses	$(\sigma)_{RV}$	$[\sigma_m \text{ or } \sigma_{mL}] + \sigma_b + \sigma_{bL} + \sigma_T + [\sigma_{cm} \text{ or } \sigma_{cmL}] + \sigma_{cb} + \tau_{cs}$
	Amplitude of reduced stresses determined by the sums of the components of general or local membrane stresses, general and local bending stresses, general and local temperature and compensation stresses with due regard to stress concentration	$(\sigma_{aF})_V$	$[\sigma_m \text{ or } \sigma_{mL}] + \sigma_b + \sigma_{bL} + \sigma_T + \sigma_{TL} [\sigma_{cm} \text{ or } \sigma_{cmL}] + \sigma_{cb} + \tau_{cs}$ with due regard to stress concentration
Pipelines	Reduced general membrane stresses	$(\sigma)_1$	σ_m
	Reduced stresses determined by the sums of the components of general or local membrane and general bending stresses	$(\sigma)_2$	$[\sigma_m \text{ or } \sigma_{mL}] + \sigma_b$
	Range of the reduced stresses determined by the sums of the components of general or local membrane stresses, general and local bending stress, general temperature related stresses, and compensation stresses of membrane, torsion and bending	$(\sigma)_{RK}$	$[\sigma_m \text{ or } \sigma_{mL}] + \sigma_b + \sigma_{bL} + \sigma_T + [\sigma_{cm} \text{ or } \sigma_{cmL}] + \tau_{cs} + \sigma_{cb}$
	stress, general temperature related stresses, and compensation stresses of membrane, torsion and bending		
	Amplitude of reduced stresses determined by the sums of the components of general or local membrane stresses, general and local bending stresses, general and local temperature stresses, compensation stresses of membrane, torsion and bending with due regard to stress concentration	$(\sigma_{aF})_K$	$[\sigma_m \text{ or } \sigma_{mL}] + \sigma_b + \sigma_{bL} + \sigma_T + \sigma_{TL} [\sigma_{cm} \text{ or } \sigma_{cmL}] + \tau_{cs} + \sigma_{cb}$ with due regard to stress concentration



5.5.8 Hegesztett kötések szilárdságcsökkentő tényezői

A PNAE 5.6.12. pontja a hegesztett kötésekben fellépő fárasztó igénybevétel $[\sigma_F]$ s megengedett feszültség amplitúdóját az alábbiak szerint számítja:

$$[\sigma_{aF}]_s = \varphi_s [\sigma_{aF}]$$

ahol:

φ_s a ciklikus szilárdságcsökkentő tényező
 $[\sigma_{aF}]$ az alapanyag tervezési kifáradási görbéjéből meghatározott feszültségamplitúdó.

5.5.9 Ellenőrzés ridegtöréssel szembeni ellenállásra

PNAE G-7-002 szabályzat 5.8 fejezete írja le a ridegtörés ellenállásra történő ellenőrzést. A szabályzatot több, mint 35 éve adták ki és inkább a '70-es évek végének és a '80-as évek elejének műszaki színvonalát jelenti. A kapcsolódó szabályzatok mind korszerűsítésre kerültek és NP-jellel ki is adták őket. Természetesen a PNAE G-7-002 jelű tervezési előírások korszerűsítésén is folyamatosan dolgoztak, de kiadásra nem került új változat. Egy kompromisszumos megoldásként sok helyen – ahol a legnagyobb változások voltak – a meglévő részeket felülírták, új szabványok vagy előírások alkalmazásával. Erre példa az 5.8 fejezete is. Az ellenőrzés ridegtöréssel szembeni ellenállásra témakör lényeges az atomerőmű nukleáris biztonsága szempontjából, mert itt első sorban a redundancia nélküli reaktortartály szerkezeti integritását kell igazolni a teljes üzemidőre és valamennyi előforduló terhelési állapotra. E fejezet helyett a tervezésnél az RD EO 1.1.2.99.0920-2014 jelű dokumentumot alkalmazzák (Vízűtésű-vízmoderátoros energetikai reaktorok tartályainak ellenőrzése ridegtöréssel szembeni ellenállásra. Módszertan). Önmagában is kérdés az, hogy ez a módszertani útmutató hogyan illeszthető be a jelenlegi hatósági előírások rendszerébe.

Az RD EO-módszertan eltér a korábbi (PNAE G-7-002) elvektől, tükrözi a fejlődést. Részletekre nem kitérve, a dokumentum a terheléseket figyelembe véve és a reaktortartály kiválasztott tartományait, a következő esetekre, illetve tartományokra kell elvégezni a számításokat:

- ◆ a K_I feszültségintenzitási tényező várható értéke a legnagyobb, vagy
- ◆ a K_C törési szívósság várható értéke a legkisebb, vagy
- ◆ a K_C/K_I hányados a legkisebb.

Lényeges az eltérés a posztulált repedés méretében és a feltételrendszerében. Az elemzéshez síkszerű, felületre nyitott és plattírozás alatti, axiális és kerületirányú, félelliptikus hibákat (repedéseket) kell feltételezni. A repedések kis- és nagytengety aránya $a_0/c_0 = 1/3$. A repedések minden esetben merőlegesek a tartály belső felületére. A felületre nyitott, illetve a plattírozás alatti repedés alkalmazhatóságát az dönti el, hogy végzik-e a plattírozás időszakos roncsolásmentes vizsgálatát. Amennyiben nem végeznek ilyen vizsgálatot, akkor felületi repedést kell feltételezni az elemzéshez; amennyiben van rendszeres időszakos roncsolásmentes vizsgálat, akkor megengedett a plattírozás alatti repedés posztulálása. A posztulált repedések kiinduló mérete a következő:

$$a_0 = S_{pl} + 0,07 \cdot S,$$

ahol: S a falvastagság, S_{pl} a plattírozás vastagsága (plattírozás alatti repedés esetén ez értelemszerűen nulla).



Ha $0,07 \cdot S > 15$ mm, akkor $a_0 = S_{pl} + 15$ mm. Az adatok ismeretében a számításokban a 15 mm értéket fogják alkalmazni.

A dokumentum lehetőséget ad alternatív megoldások alkalmazására is, például a ridegtöréssel szembeni ellenállás egyszerűsített elemzésére is. Az egyszerűsített elemzés szerint a reaktortartály szilárdsági megfelelése akkor biztosított, ha a vizsgált üzemállapot lefolyásának minden τ időpillanatában teljesül az $n \cdot K_l \leq K_c$ egyenlőtlenség (kivéve azokat az időpillanatokat, amikor a váltakozó terhelés hatásának figyelembevételére egyéb korlátozó feltétel van), valamint a plattírozásba eső repedés front minden pontjára teljesülnek a hivatkozott feltételek.

5.5.10 Ellenőrzés hosszú idejű statikus szilárdságra

A PNAE G-7-002 szabályzat 5.9 alfejezete az ellenőrzés hosszú idejű statikus szilárdságra címet viseli. A statikus szilárdságra történő ellenőrző számítást az üzemelési körülményre kell alkalmazni, ha a hőmérséklet meghaladja az ún. T_l hőmérsékletet, ami ötvözetlen és ötvözt acélra 350 °C. Ennek megfelelően a hosszú idejű szilárdságra jellemző tulajdonsággal, azaz a kúszással szembeni ellenállással a VVER-blokkoknál nem kell számolni.

5.5.11 Méretezés szeizmikus hatásokra

Az 5.11-es alpont a szeizmikus hatásokra történő méretezést tartalmazza. Ezt, hasonlóan az 5.8 ponthoz egy másik előírással váltják ki, melynek azonosítója NP-031-01 (Atomerőművi reaktortartályok szeizmikus hatásokra történő méretezése). Az előírás az Orosz Föderáció területén alkalmazható. Más területen történő alkalmazás esetén alkalmazható, mint módszertan, de ebben az esetben a telephely jellemzőkkel és a nemzeti szabályzatokban előírt feltételekkel ki kell egészíteni.

5.5.12 A PNAE G-7-002 függelékei

1. Függelék. Alkalmazása kötelező.

Szerkezeti anyagok fizikai és mechanikai tulajdonságai

A Paksi Atomerőmű 1-4 blokki ABOS1-berendezésekkel kapcsolatos számítások tapasztalatai alapján a függelékében megadott szilárdsági jellemzők konzervatívak.

2. Függelék. Alkalmazása kötelező.

Szerkezeti anyagok mechanikai tulajdonságainak meghatározására alkalmazott módszerek

Terjedelem:

- ◆ Szakító vizsgálatok (GOSZT 1497-84, GOSZT 9651-84, GOSZT 11150-84)
- ◆ Kúszás vizsgálatok (GOSZT 3248-81)
- ◆ Tartamszilárdság vizsgálatok (GOSZT 10145-81)
- ◆ Kritikus ridegtörési hőmérséklet (átmeneti hőmérséklet) vizsgálatok. Ütőmunka: GOSZT 9454-78
- ◆ Ridegtörés átmeneti hőmérsékelt-eltolódás termikus öregedés hatására
- ◆ Ridegtörés átmeneti hőmérsékelt-eltolódás fáradásos öregedés hatására
- ◆ Ridegtörés átmeneti hőmérsékelt-eltolódás besugárzás hatására
- ◆ Kifáradási görbék felvétele (GOSZT 23207-78, GOSZT 25.502-79)
- ◆ Hegesztett kötések mechanikai tulajdonságainak vizsgálata (GOSZT 6996-66).



3. Függelék. Ajánlott.

Tervezési és kísérleti módszerek feszültségek, alakváltozások, elmozdulások és erők meghatározására

Terjedelem:

- ◆ Feszültségek, elmozdulások és erők számítása tengelyszimmetrikus szerkezetekben
- ◆ Helyi feszültségek számítása komponensekben és szerkezetekben
- ◆ Feszültségek és elmozdulások kísérleti meghatározása

4. Függelék. Ajánlott.

Komponensek és szerkezetek progresszív alakváltozás számítása

5. Függelék. Ajánlott.

Tipikus alkatrészekből összeállított szerkezetek számítása

Terjedelem:

- ◆ Csővezetékek
- ◆ Tartályok oldható kötése

6. Függelék.

Szerkezeti anyagok tartamszilárdsága, szívóssága és kúszása

7. Függelék.

Kífáradási tartamszilárdság számítása

(a 6. és 7. függ. nem releváns a VVER-blokkok tervezésénél)

8. Függelék. Ajánlott.

Szabványos komponensek rezgés szilárdsági felülvizsgálatának tervezési és kísérleti módszerei

Terjedelem:

- ◆ Csővezetékek
- ◆ Lemezek és lapos héjak

9. Függelék. Ajánlott.

Földrengés-terhelések számítása (nem alkalmazható NP-031-01)

10. Függelék. Ajánlott.

Karimák, nyomógyűrűk és kötőelemek fő méret kiválasztása

- ◆ Terjedelem: Tartályok

11. Függelék.

Ajánlások csőívek falvastagság-növelési eljárásaira

- ◆ Terjedelem: Csővezeték

12. Függelék.

Egyszerűsített kífáradás-számítás

- ◆ Terjedelem: B és C minőségű tartályok és csővezeték



Az orosz nyomástartó berendezések és csővezetékek tervezési előírásai több ponton jelentősen eltérnek más országok gyakorlatától. Egy fontos elem, hogy a tervezési specifikáció hiányzik az orosz szabályzatokból. Az NBSZ alapként tekint e dokumentumra. A fogalom az NBSZ 10. kötetben a következő:

158a.1. Tervezési specifikáció a rendszerek és rendszerelemek tervezésével szemben támasztott követelményeket összefoglaló dokumentum, mely tartalmazza a műszaki jellemzőket, normatív dokumentumokat, valamint az általános műszaki követelményeket.

5.6 NYOMÁSTARTÓ BERENDEZÉSEK SZERKEZETI INTEGRITÁSA

A nyomástartó berendezések és csővezetékek konstrukciós megoldásai mögött több mint egy évszázados tapasztalat áll. Az első kazánrobbanások (1905) után alakították meg a Kazánok és Nyomástartó edények szervezetét, az ASME-t. Az integritásfogalom jelentése itt a rendszer nyomásának egy adott szinten való állapotát jelentette, melyet nyomáshatároló szerelvényekkel védtek. A nyomásnak egy adott érték fölé növekedésekor a közeget a szabadba kiengedve a berendezés épségét óvták. A közeg környezetbe való kijutása megakadályozta az adott szerkezet jelentős károsodását (felrobbanását) és így a lakosság, környezet védelmét is.

Az általános ipari gyakorlatban a mai napig az adott rendszernyomásnak a megengedett értéken való tartása a meghatározó, a biztonsági kockázatot a nyomás, vagy a nyomás x térfogat együttes értékével kezelik és csak ezután veszik figyelembe a rendszerben lévő közeg tulajdonságát, a kijutás lehetséges hatását (lásd EU direktíva).

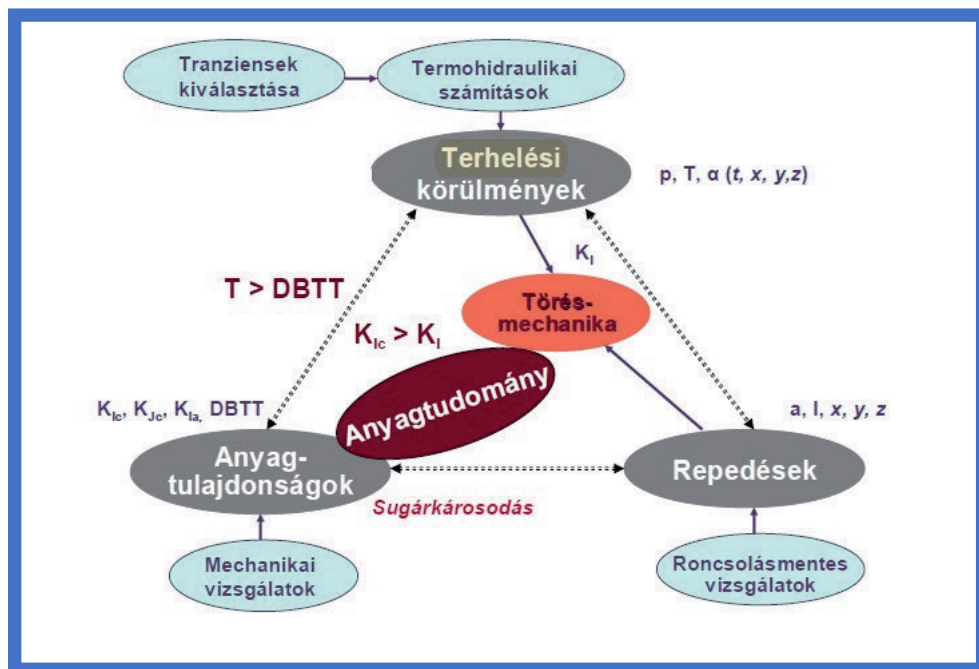
Az atomerőművi gyakorlatban a szerkezetiintegritás-fogalom ma más jelenéssel bír. Az integritás maga egy fizikai gát épségének a biztosítása továbbra is. Az atomerőműben a fizikai korlátok legfontosabb eleme a nyomástartó berendezések és csővezetékek rendszere. A nyomástartó berendezések és csővezetékek szerkezeti integritása szavatolja azt, hogy radioaktív közeg nem kerül ellenőrizetlenül a technológiai rendszeren kívülre, és nem veszélyezteti az erőmű dolgozóit, a lakosságot vagy az épített, illetve természetes környezetet. A nyomástartó berendezések és csővezetékek szerkezeti integritásának biztosítása elsődleges fontosságú az erőmű teljes üzemideje alatt. A szerkezeti integritás a biztonság mellett gazdaságossági kérdés is, hiszen egy atomerőmű leállítása, illetve egy adott esetben az üzemidő hosszabbítása nemzeti gazdasági kérdés.

Az atomerőművekben a reaktortartály a kritikus szerkezeti elem, mely szerkezeti integritásának elemzése a tartályfal szilárdságának, illetve töréssel szembeni ellenállásának az elemzését jelenti. A reaktortartályokat alapvetően úgy tervezik, gyártják és üzemeltetik, hogy üzemidejük alatt ne sérüljenek meg. Az üzemeltetés feltételeit úgy választják meg, hogy a tartályfal szerkezeti anyaga ne kerüljön az eredetileg szívós állapotból rideg állapotba. Tehát a tervezés és üzemeltetés során lényeges a tartályfal anyagának azon tulajdonsága, miszerint egy szívós törés létrejöttének energiaszükséglete lényegesen nagyobb, mint amennyi energiát a tartályfal esetleges ridegtörése felemészt. Emiatt a reaktortartály szerkezeti integritásának elemzése alapvető eleme a ridegtöréssel szembeni ellenállás. A reaktortartály anyagának minden esetben szívós állapotban kell maradni, amelynek megítélésére a szívós-rideg átmeneti hőmérséklet (*Ductile-Brittle Transition Temperature, DBTT*) – vagy T_k kritikus átmeneti hőmérséklet – és a tartályfal aktuális T hőmérsékletének az összehasonlítása szolgál. Lényeges, hogy az alapanyag és a hegesztési kötés törési szívóssága ne csökkenjen le olyan mértékben, hogy egy meglévő repedés a terhelési körülmények eredményezte feszültségintenzitás hatására instabil terjedésnek induljon.



Az elemzés eszköze ennek megfelelően a törésmechanika, a mértékadó anyagjellemző a törési szívósság, amelynek meghatározásához az anyagtudomány szolgáltatja az adatokat. Az összefüggéseket a 162. ábra mutatja. Az ábra rámutat azokra vizsgálatokra és számításokra, amelyek a kiinduló adatokat szolgáltatják a törésmechanikai elemzéshez.

162. ábra. A reaktortartály szerkezetiintegritás-meghatározásának a sémája



Az ipari gyakorlatban a nyomás (nyomástartó) fogalom elsődlegességét mutatja az is, hogy a berendezések üzemi nyomásánál magasabb értéken végrehajtott nyomáspróbákat (illetve a megfelelést) mintegy garanciának vélik a további üzemelés biztonságára. Az üzemelést megelőző túlnyomással végzett próbák végrehajtása során – a feltételektől függően – a feszültségállapot átrendeződésére kerülhet sor, ez kedvezőbb üzemelési feltételeket teremthet.

Az atomerőművi gyakorlatban e fogalom ma már nem elsődleges, hiszen az üzemelő létesítményeknél (elsősorban a reaktortartálynál) az üzemi értéken vagy ahhoz közeli értéken való próbák irányába mutat a fejlődés. A biztonság igazolásának a berendezés állapotfelügyeletét a roncsolásos és roncsolásmentes vizsgálatok végrehajtását, ezek értékelését értik. Természetesen az atomerőmű aktív és passzív biztonsági rendszereinek a működőképessége, az üzemeltetési feltételek és korlátok betartása, a hibás emberi beavatkozások lehetőség szerinti kizárása és sok egyéb tényező megléte jelentheti a biztonságot.

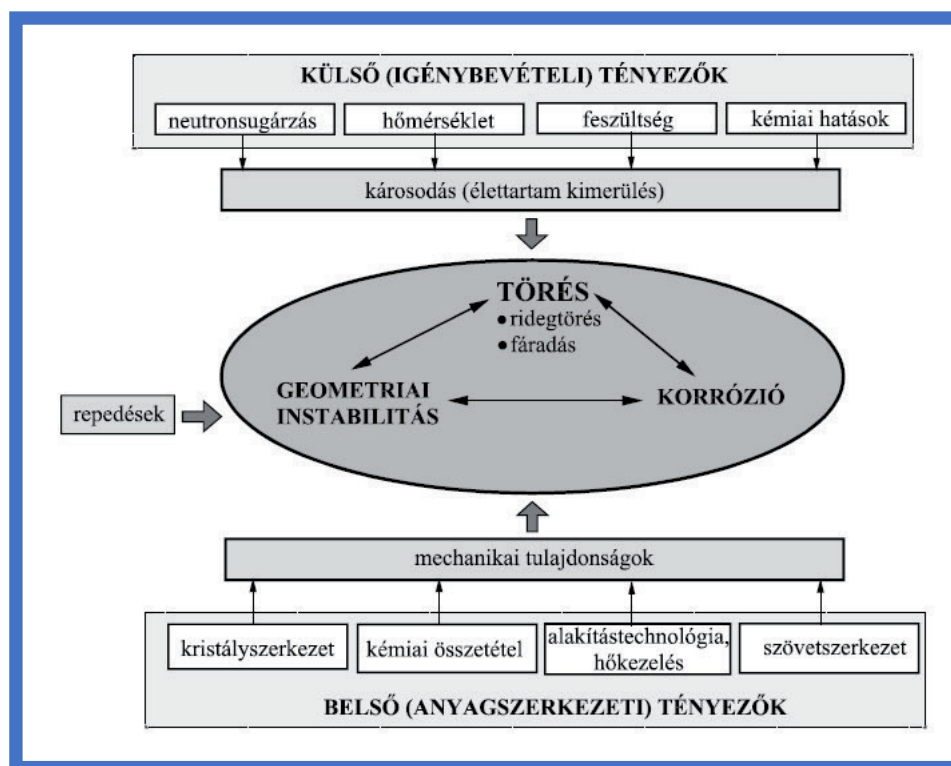
Anyagtulajdonságok változása:

Az atomerőművi berendezések anyagtulajdonságainak a változása alatt azt az időfüggő változást (romlást) értjük, ami normál üzemi és attól eltérő transziensek okozta igénybevételek hatására következik be. A hatás érvényesülhet a fizikai és kémiai folyamatok (rugalmas és/vagy a képlékeny alakváltozás), környezeti tényezők (hőmérséklet, neutronter, korrózív közeg, nedvesség) összefüggésében.



A anyagtulajdonságok változása érvényesülhet a berendezések működőképességének leromlásához vezető tényezőkön keresztül, amelyek oka lehet a geometriai instabilitás és a korrózió. A szerkezeti anyagok kimerülését a 163. ábra mutatja. A szerkezeti anyagok kimerülését öregedésnek, az anyagtulajdonságok változásának a csökkentése érdekében tett intézkedések összességét öregedéskezelésnek nevezik.

163. ábra. A szerkezeti anyagok kimerülését befolyásoló tényezők



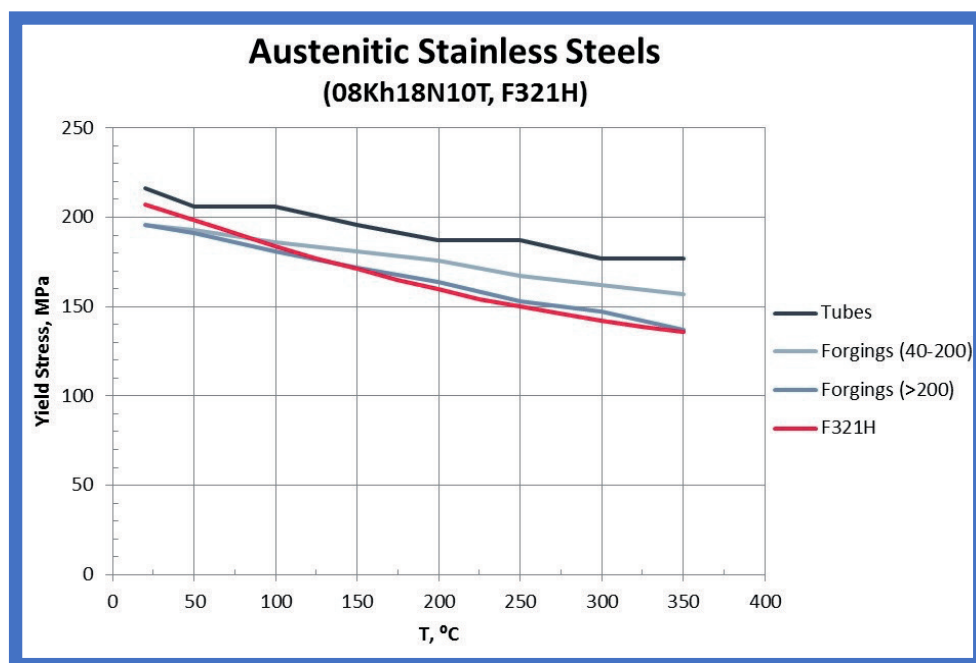
A reaktortartály szempontjából szóba jöhető öregedési mechanizmusok a következők: sugárkárosodás, termikus öregedés, fáradás (kisciklusú), korrózió. A tartály szerkezeti integritását legnagyobb mértékben egy esetleges repedés instabilitása veszélyezteti. Az öregedési folyamatok közül a sugárkárosodás a meghatározó. A reaktortartály anyagtulajdonságainak a változását az engedélyesek felügyeleti (*surveillance*) programmal követik, mely a tartályban elhelyezett kapszulákban elhelyezett próbatetek vizsgálatát, az eredmények értékelését jelenti.

Az atomerőművi szerkezetek jelentős része ausztenites alapanyagú, vagy ausztenites plattírozással ellátott, nagy falvastagságú ferrites (perlites) acél. Az általános felhasználás oka, hogy az üzemelési feltételek között igen nagy stabilitás jellemzi. Az anyagtulajdonságok változását e szerkezeti anyagoknál vagy hegesztett kötéseknel, felrakóhegesztésnél is figyelemmel kell kísérni. Példa erre a reaktortartály belső szerkezeti anyagként alkalmazott ausztenites korrózióálló acélok méretváltozása (duzzadása), mely a belső szerkezetek funkcióellátását korlátozhatja.

Egy lehetséges korróziós hatás a mikrobiológiai korrózió, mely igen sajátos lokális korróziós folyamatként (lyukkorrózió) jelenik meg ausztenites tartályok, illetve csővezetékek belső felületein.

A 164. ábra az ausztenites korrózióálló acél folyáshatár-változását mutatja a hőfok függvényében. A gyártástechnológia (alak, méret, hőkezelés) miatt az értékek eltérnek. A nagy falvastagságú szerkezeteknél a jellemző felhasználás a kovácsolt, hőkezelt (edzett, megeresztett) állapot. Összehasonlításképpen tartalmazza az ábra az USA-kódban hasonló vegyi összetételű 321 jelű acél jellemzőit.

164. ábra. Anyagtulajdonságok változása az üzemi hőmérséklet függvényében (ausztenites korrózióálló acél)



5.7 TÖRÉSMECHANIKAI ALAPFOGALMAK

A törésmechanika a törésre való méretezéssel foglalkozó tudományág. A hagyományos szilárdsági méretezéssel szemben, feltételezi, hogy az anyag nem tökéletes folytonosságú, hanem abban valamilyen oknál fogva repedések vannak jelen. A törésmechanika feladata annak eldöntése, hogy a repedés milyen feltételek mellett terjed tovább.

Ennek a tudományágnak az alapját képező repedéseknek az anyag makroszkopikus folytonossági hiányait hívjuk. Az anyagot összetartó kémiai kötés a repedés környezetében külső vagy belső feszültségek, esetleg az anyagot körülvevő közeg hatására megszűnik. Ez a folyamat végül az adott alkatrész törésével teljeseedik ki.

A törésmechanikai elméletek alapvetően kétféle megközelítéssel élnek, a repedésterjedéshez szükséges energia elméletéből, vagy pedig a repedés csúcsánál a külső/belső névleges feszültségek által létrehozott feszültségi, alakváltozási mező meghatározásából vezetnek le olyan összefüggéseket, melyekből eldönthető, hogy a repedés terjedni fog-e vagy sem. Lineárisan rugalmas anyagokra egyszerű geometriai feltételek esetén komplex feszültségfüggvényekből levezetett analitikus megoldások nyújtanak kielégítő pontosságú törési kritériumokat. A fenti törésmechanikai elméletekből kielégítő pontosságú törési feltételekhez lehet jutni, olyan esetekben, ahol a repedés előtti képlékeny tartomány lényegesen kisebb, mint a repedés mérete.

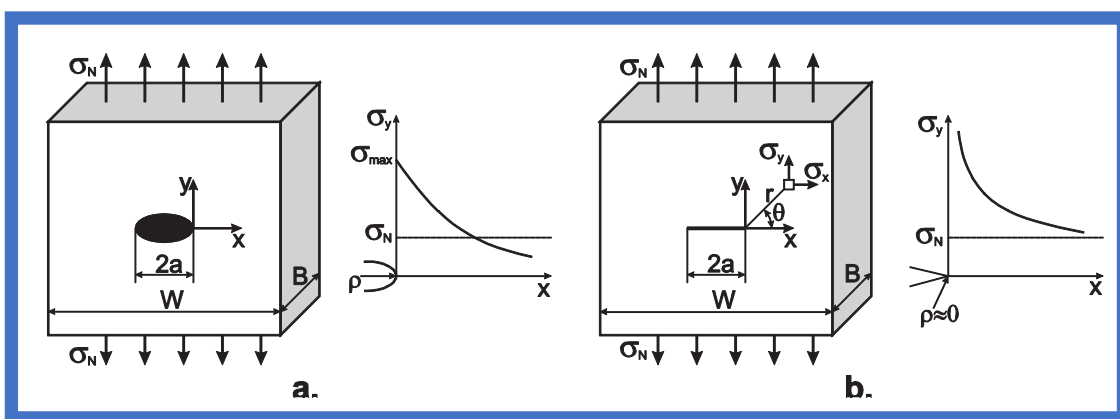
Azokban az esetekben azonban, mikor a képlékenyen alakváltozott anyagrész mérete már jelentős, a képlékeny törésmechanika megközelítéseivel kell élni. Az egyik ilyen a COD-elmélet (*Crack Opening Displacement*), amely nem a repedéscsúcs feszültségintenzitásával, hanem az elmozdulás, a kritikus repedéskinyílás segítségével állapít meg repedésterjedési kritériumokat. A másik, igen elterjedten használt J-integrál-elmélet, amely a repedéscsúcs körül kialakult rugalmasan alakváltozott mező energiájából, valamint az elmozdulás-, és a feszültség mezőből kiindulva határoz meg törési feltételt.

5.7.1 Lineárisan rugalmas törésmechanika (LRTM)

A lineárisan rugalmas törésmechanika a törési viselkedés kvantitatív leírása, feltételezése, hogy az alakváltozás a törésig lineárisan rugalmas és a repedés csúcsában ébredő feszültségeloszlás, rugalmasságtani elemzés, vagy a repedésterjedési folyamatenergia egyensúlyban van.

a) A feszültségintenzitási elmélet, 165. ábra.

165. ábra. A bemetszés (a) és a repedés (b) csúcsában kialakuló feszültségek összehasonlítása y irányú húzóigénybevétel esetén.



- ◆ a repedés egy $\rho \approx 0$ sugarú bemetszés határeseteként tekinthető;
- ◆ Neuber-féle feszültségkoncentrációs elmélet;
- ◆ a bemetszés csúcsában a feszültség megnövekszik, azaz koncentrálódik:

$$\sigma_{\max} = \alpha_k \sigma_N \quad , \quad \text{ahol:}$$

$\sigma_{\max}$ – a maximális feszültség

σ_N – a külső terhelésből és terhelt keresztmetszetből számítható névleges feszültség

α_k – a bemetszés és a szerkezeti elem alakjától függő alaktényező

$$\sigma_{\max} = \sigma_N \left[1 + 2 \left(\frac{a}{\rho} \right)^{\frac{1}{2}} \right]$$

ahol:

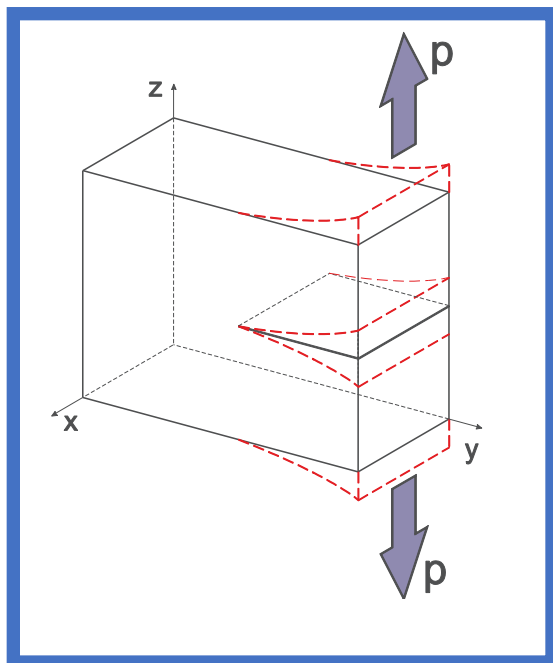
a – a nagytengely fele

ρ – a bemetszési sugár.



b) Törési módusok: a repedési felületek lehetséges relatív elmozdulása, 166. ábra.

166. ábra. I-es vagy nyitó módus



Fémek esetén gyakorlatban legnagyobb jelentőség, pl.: húzó-, vagy hajlítógénybevitelű szerkezeti elemek, amelyek belső vagy külső repedéseket tartalmaznak, belső nyomás alatt álló, repedéseket tartalmazó szerkezeti elemek

A gyakorlatban a másik két módus mindig jelen van valamilyen mértékben.

A II-es módus, vagy párhuzamos elcsúszás

A III-as módus, vagy keresztirányú elcsúszás

I-es módus esetén a feszültségmező a következőképpen egyszerűsödik:

$$\sigma_{ij} = \frac{K_I}{(2\pi r)^{1/2}} f_{ij}(\theta)$$

ahol:

K_I – feszültségintenzitási tényező

f_{ij} – dimenziótlán függvények, csak θ -tól függenek.

c) Az LRTM törési kritériuma

A repedés akkor indul meg, vagy másképpen akkor kezd instabil módon terjedni, ha a feszültségintenzitási tényező egy kritikus értéket elér, a törési módstól függően.

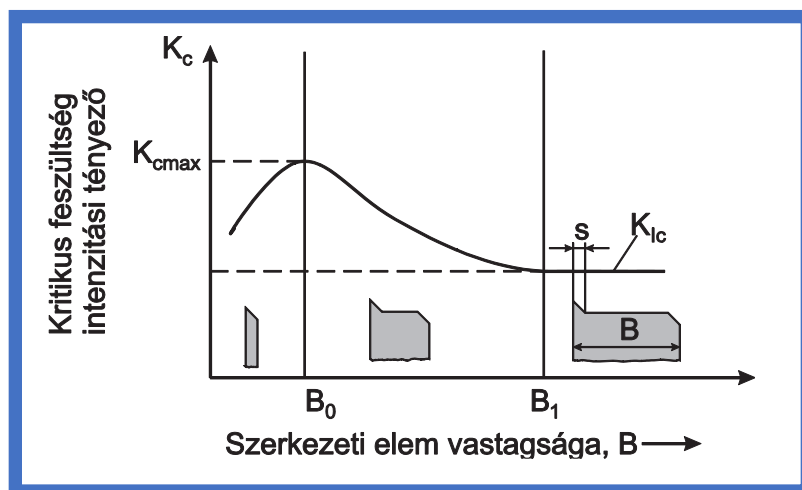
A K_{Ic} , K_{IIc} , K_{IIIc} – anyagjellemző – feszültségintenzitási tényező kritikus értéke, vagy más néven törési szívósság, csak kísérleti úton határozható meg.



A feszültségintenzitási tényező nem független a szerkezeti elem, ill. próbatest vastagságától, méretétől.

A síkalakváltási állapot csak a vastag szerkezeti elemekben vagy próbatestekben alakul ki, 167. ábra.

167. ábra. A szerkezeti elem vastagságának hatása a feszültségintenzitási tényező kritikus értékére



A két jellemző anyagvastagságra izotróp (fém) anyagok esetén a következő összefüggések adhatók meg:

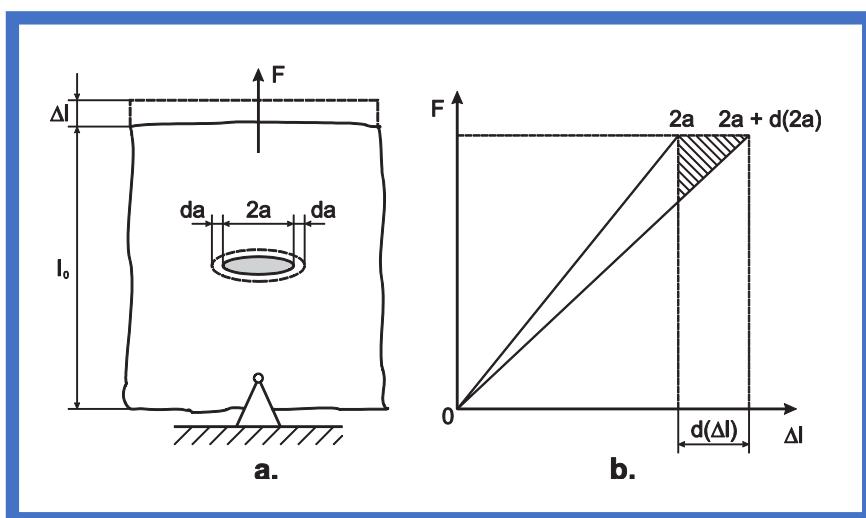
$$B_0 = \frac{1}{3} \left(\frac{K_{Ic}}{R_e} \right)^2, \quad B_1 = x \left(\frac{K_{Ic}}{R_e} \right)^2$$

ahol: x általában 2.5, de az anyagminőségtől is függ
 R_e a folyáshatár

d) A törésmechanika energiaelmélete

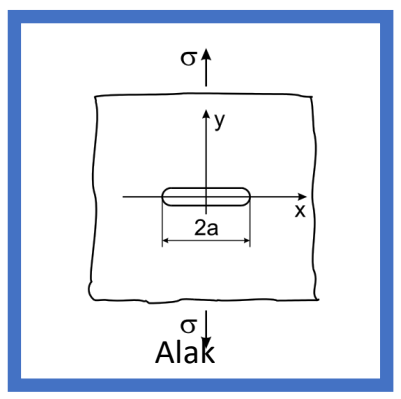
A repedésterjedés energiaegyensúlya: Griffith-féle modell. A repedés méretének növekedéséhez meghatározott energiamennyiség szükséges, mely származhat a terhelő erő munkájából, vagy a szerkezeti elemekben tárolt alakváltási energia felszabadításából, 168. ábra.

168. ábra. Energiaviszonyok repedésterjedéskor deformált lemezben.



e) A feszültségintenzitási tényező meghatározása

169. ábra



A K_{Ic} , K_{IIc} , K_{IIIc} – a kritikus érték csak kísérletileg határozható meg: analitikus és numerikus számítással.
A dimenziótlan korrekciós tényező:

$$f = \frac{K_I}{\sigma \sqrt{\pi a}}$$

Ha a terhelés végtelen kiterjedésű lemezegyenest, átmenő repedés, y irányú húzóigénybevétel (Griffith-repedés), a feszültségintenzitási tényező:

$$K_I = \sigma \sqrt{\pi a}$$



f) A J-integrál

Az elméleti koncepció a J-integrál Cherepanov és Rice kimutatták, hogy egy energikus kontúr pályaintegrál (úgynevezett J) független volt az út repedés körül. A J-integrál lineárisan rugalmas anyagi viselkedés esetén egyenértékű a repedésterjesztő erővel. Ha az integrálási útvonal által körülzárt tartományon belül nincs szingularitás, akkor a J-integrál értéke nulla, ha viszont van, akkor $J \neq 0$.

Előnye: a repedésterjesztő erőt nem közvetlenül külső terhelésből, hanem mezőelméletek segítségével határozhatjuk meg. Kiértékelése történhet analitikusan, vagy numerikusan (végelelem-módszerrel). A legtöbb végelelem-szoftverben beépített parancsként elérhető a J-integrál.



