

Technická univerzita v Liberci
FAKULTA PEDAGOGICKÁ

Katedra: Pedagogiky a psychologie
Studijní program: Bakalářský
Kombinace: Souběžné doplňkové pedagogické studium

VYUŽITÍ SYSTÉMU MOODLE PRO VÝUKU
ODBORNÝCH PŘEDMĚTŮ
APPLICATIONS OF THE MOODLE SYSTEM
FOR TEACHING TECHNICAL SUBJECTS

Autor:
Ing. Taťana VACKOVÁ

Podpis:

Adresa:
Zachariášova 392
588 56, Telč III

Vedoucí práce: PhDr. Jan Činčera, Ph.D.

Počet

stran	Slov	obrázků	tabulek	pramenů	příloh
46	9 331	8	5	13	4

V Liberci dne: 10. 5. 2005

Prohlášení

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce.

V Liberci dne: 10. 5. 2005.

Taťana Vacková
vlastnoruční podpis

Poděkování:

Na tomto místě bych chtěla poděkovat panu PhDr. Janu Činčerovi, Ph.D. za odborné vedení a cenné připomínky, panu Ing. Petru Škodovi za udělení místa pro kurz Nauky o materiálu I na jeho serveru. A dále všem pracovníkům katedry materiálu Fakulty strojní Technické univerzity v Liberci za pomoc, rady a podporu.

VYUŽITÍ SYSTÉMU MOODLE PRO VÝUKU ODBORNÝCH PŘEDMĚTŮ

VACKOVÁ Taťana

BP–2005

Vedoucí BP: PhDr. Jan Činčera, Ph.D.

Resumé

Bakalářská práce se zabývá zpracováním odborného předmětu Nauka o materiálu I do učebních textů a didaktických testů, které byly následně využity v systému Moodle a odzkoušeny v praxi se čtyřmi studijními skupinami a čtyřmi vyučujícími.

Úvodní část zahrnuje a charakterizuje důležité pojmy související s tvorbou didaktických textů a testů. V další části je popis systému, samotné aplikace a vyhodnocení zkušeností se systémem.

APPLICATIONS OF THE MOODLE SYSTEM FOR TEACHING TECHNICAL SUBJECTS

Summary

This Bachelor Thesis deals with processing technical subject Material Science I to learning texts and didactic tests, which was subsequently used in system Moodle and well - tried in the use with four study groups and four teachers.

Preliminary part includes and characterizes important ideas related to formation didactic texts and tests. In the next part is system description of application and evaluation experience with the system.

Motto:

„Vzdělání je to, co nám zůstane, když zapomeneme, co jsme se naučili ve škole.“

Karel Čapek

Obsah:

1. ÚVOD.....	8
2. INTERNET VE VZDĚLÁVÁNÍ.....	9
2.1. INTERNET JAKO POMOCNÍK UČITELE.....	9
2.2. INTERNET JAKO POMOCNÍK STUDENTA.....	10
2.3. VZDĚLÁVÁNÍ.....	11
2.3.1. Přístupy k internetovému vzdělávání.....	13
3. CHARAKTERISTIKA PŘEDMĚTU NAUKA O MATERIÁLU.....	15
4. ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ DIDAKTICKÝCH TEXTŮ A TESTŮ.....	16
4.1. TVORBA DIDAKTICKÉHO TEXTU.....	16
4.1.1. Struktura a funkce textu.....	16
4.1.2. Požadavky textu.....	17
4.1.3. Vymezování věcných cílů textu.....	18
4.2. TVORBA DIDAKTICKÉHO TESTU.....	19
4.2.1. Požadavky na didaktické testy.....	20
4.2.2. Testové položky.....	22
4.2.3. Možnosti využití didaktických testů.....	23
5. POPIS VYUŽITÉ APLIKACE.....	25
5.1. SYSTÉM MOODLE.....	25
5.1.1. Historie systému.....	25
5.1.2. Východiska systému.....	26
5.1.3. Vlastnosti systému Moodle.....	27
6. VYHODNOCENÍ ZKUŠENOSTÍ SE SYSTÉMEM MOODLE.....	33
6.1. TESTOVACÍ SERVER MOODLE.....	34
6.1.1. Zpracování učebních textů.....	34
6.1.2. Zpracování didaktických testů.....	35
6.1.3. Práce ve výukovém prostředí.....	37
6.2. DOTAZNÍKY PRO STUDENTY A VYUČUJÍCÍ.....	38
7. ZÁVĚR.....	44

1. ÚVOD

Současný vědecko-technický rozvoj zažívající neutuchající rozmach, ovlivňuje řadu lidských profesí a zasáhl do všech oblastí lidského chování, tedy i do výchovy a vzdělávání člověka. Technika vzdělávací proces nejen zasáhla, ale nadále jej ovlivňuje a rozvíjí. Důkazem je zavádění nových výukových předmětů, uplatňování nových metod vyučování s využitím výpočetní techniky a internetové sítě. To zapříčiňuje, že se dnes učitel na žádném stupni, ani typu škol neobejde bez znalosti použití technických prostředků, jako je počítač.

Hlavním úkolem počítače je zkvalitnit vzdělávání nejen žáků a studentů, ale i učitelů. Měl by jim pomáhat při přípravě, vlastním vyučování a v neposlední řadě i při jejich hodnocení.

Internetová síť dává velké možnosti v získávání podkladů pro výuku všeobecně a do jisté míry také i pro výuku odborných předmětů. Chceme-li dnešní žáky a studenty zaujmout a nadchnout pro daný předmět, nemůžeme přijít pouze s běžnými pomůckami, ale jsme nuceni hledat stále nové cesty, a způsoby. Existuje celá řada výukových programů používaných ve výuce, jedním z nich je např. systém Moodle, který může učiteli pomoci při přípravě a vlastní výuce, o čemž pojednává tato práce.

Práce je členěna na dvě části. První část se zabývá vymezením pojmů, které souvisí s výukovými internetovými servery, popisem systému Moodle a tvorbou didaktických textů a testů. Součástí je také stručná charakteristika předmětu Nauka o materiálu I, který byl vybrán jako tematický celek pro zpracování této práce.

V druhé části je metodicky zpracován předmět Nauka o materiálu I v systému Moodle a výsledky odzkoušení v praxi na čtyřech studijních skupinách a čtyřech vyučujících. V závěru je vyhodnocení dotazníků vyplněných studenty a vyučujícími.

Cílem bylo přiblížit studentům jinou formou získávání odborných znalostí z tohoto předmětu, podnítit jejich zájem o obor, rozvíjet jejich tvůrčí myšlení při využívání navrhovaných didaktických pomůcek a tím je aktivizovat.

2. INTERNET VE VZDĚLÁVÁNÍ

Využití internetu při studiu a ve vzdělávacím procesu je v současné době vymezeno především dvěma hlavními oblastmi jeho globálního využití: Internet jako banka informací a dále Internet jako moderní komunikační nástroj.

2.1. INTERNET JAKO POMOCNÍK UČITELE

Přínos internetu pro učitele je neoddiskutovatelný. Každý učitel může vyhledávat nové zajímavé informace, jimiž může obohacovat svou práci. Může udržovat kontakt s kolegy nebo se rovnou přihlásit do nějakých konferencí a číst denně i několik desítek zpráv. Je zřejmé, že učitel, má-li s úspěchem používat internet, potřebuje nějakou profesionální pomoc - asistenční službu na způsob AskERIC nebo European Schoolnet. [2] Existují různé takové služby věnované speciálně učitelům.

Cílem těchto služeb musí vždy kromě sdělení něčeho nového být též šetření času učitelů. Měly by umět vyhledávat a vhodným způsobem organizovat internetové informace a zprostředkovávat přístup k vhodným materiálům. Nejjednodušší takovou službou jsou prosté seznamy odkazů na zajímavé www stránky. Každá evropská země má dnes nějaké podobné služby pro své učitele. O krok dál jdou služby, které se snaží svou podporu pro budování výukového prostředí na internetu pojmout komplexně. Jejich cílem je poskytnout učitelům navíc online interaktivní nástroje na přípravu výlučně na Web orientovaných lekcí. Takové lekce mohou obsahovat zadání úkolu, výklad, odkazy na potřebné další zdroje i hodnocení dosažených výsledků. Materiálům tohoto typu se anglicky říká Webquest. [2]

Pokud již tedy má učitel s vyhledáváním v internetu zkušenosti, může relativně rychle k potřebnému tématu najít mnoho doplňujících informací, ilustrační grafiky, či dokonce vhodnou videosekvenci nebo animaci. Učitel může poskytnout žákům, které určitá látka zaujme, inspiraci pro hledání rozšiřujících informací, pokud studentům předá několik odkazů na tematicky příbuzné webové stránky. Nesporně obrovský přínos jistě může internet poskytnout v oblasti celoživotního vzdělávání učitelů a doplňování jejich znalostí. Zároveň však nemá smysl tuto problematiku nazírat jako souboj učitele

se žáky o to, aby pedagog byl vždy ve všech směrech o krok napřed. [1] Takový pohled je determinován pojetím školy a vztahu učitel - žák, který je v našich kulturních podmínkách obvyklý, v jiných zemích však tomu tak být nemusí. Učiteli by nemělo vadit, že žák může mít v některém směru vyšší specializované znalosti, ba naopak, je důležité děti nabádat k vlastní samostatné práci s informacemi. Je dobré, pokud nějaké téma zaujme žáka natolik, že si o něm sám získává další informace. Koneckonců, většinou tomu bývá tak, že žákovy rozšířené vědomosti jsou zpravidla jen v určité ohraničené oblasti, prozatím však bez širších souvislostí a návazností. Učitel oproti tomu zná souvislosti a informační rámec a může tak žáka vést, aby své zájmy rozšiřoval správným směrem. [2]

2.2. INTERNET JAKO POMOCNÍK STUDENTA

Je jasné, že jedním z velmi důležitých cílů přípravy studentů na život ve světě přeplněném informacemi musí být schopnost informace vyhledávat a vyhodnocovat. I studenti se musí naučit používat všeobecné vyhledávací nástroje. V mnoha případech je však velmi užitečné, když nemusí při plnění zadaného úkolu riziko obecného hledání na internetu podstupovat. Snižuje se tak nebezpečí sejít z cesty v lepším případě končící jen ztrátou času. Proto musí učitelé vždy vědět, zda informace, kterou mají studenti najít, existuje a kde ji mají hledat. Proto jsou doporučené zdroje informací pro studenty důležitou součástí všech výukových lekcí předpokládajících využití internetu.

Některé informační zdroje pro studenty jsou univerzální. Sem patří internetové encyklopedie, databáze, archivy, muzea apod. Svými možnostmi dnes internet předčí i sebevětší sbírku encyklopedií na CD-ROM. Nemá smysl uvádět zde ukázky odkazů na jednotlivé servery. Odkazy na ně jsou k dispozici ve výukových seznámech nebo portálech.

I studenti mají na internetu k dispozici specializované služby analogické těm, jaké využívají učitelé. Zdrojů informací speciálně určených pro výuku je samozřejmě obrovité množství a nemá cenu je zde podrobně popisovat.

2.3. VZDĚLÁVÁNÍ

Je celá řada důvodů, proč se vzdělávání bez určitého vedení neobejde. Čím větší je zájem studujícího se určitou dovednost či znalost naučit a čím konkrétnější je předmět studia, tím snáze je možno jeho postup při učení řídit k vytčenému cíli. Vzhledem k tomu, že dnes má opravdu hodně lidí zájem o to, se něco naučit (například rekvalifikace nezaměstnaných nebo technologie pro učitele), lze pro jejich přípravu použít určité, do značné míry instruktivní postupy. Zároveň to znamená, že existuje trh, na němž je poptávka po vzdělání určitého druhu. [2]

Další důležitou okolností je prudký rozvoj internetu a přístupu k němu. Ten dnes umožňuje dokonce i poskytovat určité formy studia na dálku. Zřetelně největší budoucnost mají distanční formy studia u kurzů určených dospělým, například u rekvalifikací. Ukazuje se, že distanční studium má celou řadu výhod. Tou největší je to, že pracovat lze kdykoli a všude, kde je k dispozici internet. Studující tedy není nucen ve stanovenou hodinu docházet na určené místo. Může postupovat tempem, které mu vyhovuje. To znamená, že takové výuky se mohou zúčastnit i ti studenti, kteří by normálnímu tempu při klasické práci v učebně nestačili. Ti úplně nejlepší jsou zase schopni ukončit stanovený plán studia v rekordním čase a mohou se věnovat něčemu jinému. Systémy distanční výuky se dají popsat pomocí dvou základních modelů: [2]

Asynchronní model

Práce není plánovaná. Studenti mají přístup k výukovým materiálům, kdy chtějí. Nepoužívá se žádná online komunikace jako chat nebo videokonference, pouze e-mail. Aktivita se většinou odbývají prostřednictvím Webu. Tento model se nazývá asynchronní, protože činnost není žádným způsobem časově koordinována. Přímá komunikace a interaktivita je značně omezena.

Synchronní model

Tzv. virtuální učebny, během práce jsou organizována pravidelná setkání studentů a učitelů. Používá se chat i videokonference. Je nutná spolupráce a komunikace v předem dohodnutém čase. Tato metoda umožňuje bližší seznámení všech účastníků, ale je obtížně realizovatelná, zvláště jsou-li účastníci z různých časových pásem.

Dostupné systémy distančního vzdělávání ideově vycházejí ze systémů dlouhodobého řízení práce studenta. Lze pomocí nich snadno realizovat výklad, většinou jako odkaz na hypertextové Webové stránky. Obsahují i nástroje na přípravu testů. Právě podle nich se dá nejčastěji kvalita jednotlivých systémů posoudit. Vždy umožňují též správu práv studentů pro přístup k jednotlivým kurzům. Díky internetu však přibyla jedna nová konstruktivní vlastnost. Všichni účastníci téhož kurzu včetně učitelů mají možnost spolu komunikovat. Mohou si tak pomáhat, sdělovat si své pocity apod. Postup studentů je většinou řízen prostřednictvím časového plánu, který přesně stanoví, kdy nebo do kdy má být ta která aktivita (např. účast v chatu) či úkol (test, referát apod.) splněn. [2]

Nevýhodou distanční výuky je elektronická komunikace, která nemůže plně nahradit skutečný kontakt se spolužáky a učitelem. Převaha řízeného učení s přesně stanovenými mezními termíny pro jednotlivé úkoly může vést ke stresu a ke ztrátě motivace. Během distanční výuky není možno bezprostředně reagovat na podněty přicházející z okolí, není možné navázat skutečné vztahy se spolužáky. Distančně nelze děti vychovávat v obecném smyslu toho slova. [1] Proto není tato forma výuky použitelná v nižších ročnících základní školy. Ve vyšších ročnících povinné školní docházky pak lze u vhodných témat uvažovat o doplnění výuky o některé distanční prvky. Podobný přístup, tj. využití distančních prvků pouze jako doplňku výuky prezenční, doporučují odborné studie i pro vysoké školy. Zde však již částečnému využití této formy studia nic nebrání, a tak se do určité míry stávají téměř povinnými. Mezi studenty se totiž vždy najdou takoví, kterým virtuální prostředí a komunikace na dálku vyhovují více a dokáží se zde prosadit lépe než v běžné třídě. Kromě výše popsaných výhod v dostupnosti materiálů a dokonalé evidenci o studiu je zde tedy ještě jeden významný důvod, proč distanční prvky ve vyšších formách studia zavádět. Přispívají totiž k různorodosti výukového prostředí, které je nezbytnou podmínkou pro hledání vlastní cesty při studiu pro lidi různých vlastností. [2]

2.3.1. Přístupy k internetovému vzdělávání

Nejsnáze lze pomocí počítače realizovat výuku instruktivní, při níž je žák při práci pevně veden. Výukové aplikace tohoto druhu mají svůj původ v behavioristických didaktických teoriích. Snaha po kontrole vjemů učícího se vede většinou k rozdělení postupu na co nejmenší postupné kroky, v nichž lze činnost bez problémů řídit i kontrolovat. [1] Klasickým příkladem takto pojaté výuky je tzv. programované učení, ať už na počítači nebo bez něj. Zde je každý krok předem určen a uživatel nemá žádný prostor pro vlastní iniciativu. Program určuje, co má uživatel nastudovat a pak mu předloží kontrolní otázku (typicky výběrovou). Podle odpovědi se program větví - buď pokračuje dál, nebo se vrací na výklad probírané látky.

V počítačových aplikacích programovaného učení se jako základní prvek většinou používá tzv. triáda, která se skládá z podnětu, reakce a odezvy. Podnět je základní výkladová jednotka ukončená požadavkem na reakci uživatele. V nejjednodušším případě to může být třeba jen otázka. Reakce bývá nejčastěji odpovědí uživatele na položenou otázku. Obecně ale může být reakcí libovolná aktivita uživatele. Odezvou pak je reakce systému neboli zpětná vazba. Může to být zpráva o výsledku a nasměrování k další činnosti. [2]

Díky vývoji vědy v druhé polovině 20. st. dochází v oblasti vzdělávání postupně k stále většímu uplatňování možnosti vlastního aktivního přístupu ke studiu. Přímé výukové metody jsou stále více nahrazovány principem konstruování znalostí v mnoha dílčích krocích, tedy komplexně z celého dostupného prostředí. Princip řízeného učení je stále více opouštěn a vytlačován principem konstruktivismu. [2]

Existuje obrovské množství různých počítačových, a v poslední době i čistě internetových, výukových aplikací lišících se mimo jiné i tím, do jaké míry podporují instruktivní či konstruktivní metody výuky. Obecně platí pravidlo, že čím více taková aplikace podporuje vlastní tvořivou aktivitu, tím je konstruktivnější. Určitým omezeným způsobem však lze konstruktivně využít i programy původně čistě instruktivní. Počítačové testy či cvičení zaznamenávající výsledek tak mohou být třeba využity též jako nástroj pro ověření vlastních znalostí nebo jako prostředek zvyšující

motivaci, je-li použit například k nezávazné soutěži o dosažení nejlepšího výsledku ve třídě. [2]

Krátké shrnutí obou přístupů je v následujících dvou odstavcích:

Instruktivní přístup

činnost orientovaná na učitele, samostatná práce, řízená výuka, postup stejnou cestou, pevné osnovy a standardy, cílem konkrétní znalosti, drilování, izolovaný, umělý obsah učiva, předměty odděleny, hodiny odděleny, žáci rozdělení podle věku, převládá pasivní přístup, testování a známkování, učitel nejvyšší autoritou, kázeň nejvyšší ctností, škola uzavřená okolí, nepříznivé vlivy minimalizovány.

Konstruktivní přístup

činnost orientovaná na studenta, týmová spolupráce, projektová výuka, postup odlišnými cestami, tématický učební plán, kritické myšlení, samostatné rozhodování, chápání na základě asociací, učivo reálné spojené souvislostmi, předměty spojeny tématy, hodiny spojeny tématy, dělení podle schopností a zájmů, převládá aktivní přístup, slovní hodnocení, učitel pomocníkem a průvodcem, zájem o věc nejvyšší ctností, škola otevřená nejen okolí, riziko nežádoucích vlivů (např. internet).

3. CHARAKTERISTIKA PŘEDMĚTU NAUKA O MATERIÁLU

Předmět Nauka o materiálu I se vyučuje na Technické univerzitě v Liberci na Fakultě strojní pro první ročníky magisterského studia strojíního inženýrství a bakalářského studia strojírenství je povinný a řadí se mezi předměty teoretického základu.

Celkový počet výukových hodin předmětu jsou čtyři týdne, tj. dvě hodiny přednesu a dvě hodiny cvičení za týden. Počet získaných kreditů jsou čtyři a předmět je zakončen zápočtem, který studenti získají za povinnou účast na cvičeních a za úspěšné absolvování dvou písemných testů (v 7. a 13. výukovém týdnu). Na absolvovaný předmět Nauka o materiálu I navazuje v dalším semestru Nauka o materiálu II. Druhý semestr je zakončen zkouškou z obou navazujících nauk I a II.

Stručná anotace studijního předmětu: Krystalová stavba kovů, základní druhy krystalových mřížek a jejich poruchy, vlastnosti materiálů a jejich zkoušení, základní typy rovnovážných binárních diagramů, diagramy Fe-C a práce s nimi, základy fázových přeměn ocelí v tuhém stavu, diagramy IRA, ARA, základy tepelného a chemicko- tepelného zpracování ocelí a litin. [13]

Cvičení doplňují přednášenou látku. Probírají se základy optické a elektronové mikroskopie. Příprava metalografických výbrusů, která je obohacena praktickou ukázkou. Následuje zopakování krystalových struktur kovů, nedokonalostí krystalové stavby. Velká pozornost je věnována statické zkoušce tahem jejímu praktickému provedení a vyhodnocení, na což navazuje zpracování referátu. Ostatním statickým zkouškám je věnováno následující cvičení. Na šestém cvičení jsou opakovány zkoušky tvrdosti a praktické aplikace, mikrotvrdost. Mechanické zkoušky dynamické, technologické. Praktické ukázky rázové zkoušky vrubové houževnatosti, zkoušek drátů a plechů jsou náplní sedmého bloku. Rovnovážným diagramům, tepelnému zpracování a práci s nimi jsou věnována zbylá cvičení. V příloze číslo 1. je uveden celý sylabus přednášek a cvičení. Všechna tato témata byla zpracována do učebních textů (jsou uvedena v příloze č. 2) a uložena na server studentům, aby si z nich mohli opakovat a popřípadě i učit probranou látku.

4. ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ DIDAKTICKÝCH TEXTŮ A TESTŮ

4.1. TVORBA DIDAKTICKÉHO TEXTU

Každý učební text je možno rozčlenit na dvě hlavní podoblasti: oblast samotného obsahu učebního textu (tedy toho, co chce autor svým učebním textem sdělit studujícím) a dále na oblast struktury, vzhledu a formy takového textu - tedy toho, jak je autorem (popřípadě třetí osobou) tento text rozčleněn na jednotlivé části, do jaké míry je tento text přehledně graficky rozčleněn, jestli jsou dodržována alespoň základní (typo)grafická pravidla, jsou-li použity obecně přijímané standardy a podobně.

Poměrně často je však při pohledu na učební text prakticky z libovolného oboru vyváženost obou těchto částí značně diskutabilní. Přitom je zcela zřejmé, že zejména v případě distančních učebních textů a nejrůznějších studijních opor platí, že strukturovanost, přehlednost a vůbec jakási „uživatelská přívětivost“ takového materiálu zcela bezpodmínečně musí držet krok s kvalitou samotného obsahu učebního textu. [9]

4.1.1. Struktura a funkce textu

Pro zpracování moderního učebního textu je důležitá jeho struktura a funkce. Autor učebnic si musí ujasnit podmínky, které budou didaktický text určovat:

- a) účel a stupeň školy
- b) druh, úroveň a složky cílového vzdělání
- c) hlavní prostředky užívané k vyprodukování cílového vzdělání (povaha a podíl prezenčního vyučování)
- d) postavení a funkce vlastního předmětu z hlediska učebního plánu, počtu hodin a svazeb k jiným předmětům. [7]

Následující uvedené příklady se vztahují k učebním textům z Nauky o materiálu I (NMI), které jsou vypracovány v příloze číslo 2. této práce.

Stupeň školy: Technická univerzita v Liberci, Fakulta strojní.

Účel: dodat studentům potřebné odborné znalosti pro budoucí povolání.

Druh vzdělání: odbornost v současnosti používaných technických materiálech.

Úroveň vzdělání: vysokoškolské.

Složky vzdělání: tento učební text má ulehčit získávání znalostí v předmětu NMI.

Povaha vyučování: denní, dálkové a kombinované formy studia.

Postavení předmětu: 2 hodiny týdně během prvního semestru studia.

Vazby k jiným předmětům: konkrétně k Nauce o materiálu II, technologie a mechaniky.

4.1.2. Požadavky textu

Formulace cílů považuje za jednu z nejdůležitějších etap celého vzdělávacího působení, jehož složitost a jistá míra subjektivity jsou hlavními příčinami potíží. Uvedme požadavky, jež tyto cíle musí splňovat na každé úrovni, tj. bez ohledu na to, zda jsou obecné, dílčí či specifické:

Komplexnost

Což znamená, že v plánovitém a systematickém výchovně vzdělávacím procesu se mají plnit cíle všech kategorií; působit nejen na co nejvíce smyslů, ale ovlivňovat také co nejvíce složek osobnosti; kognitivní, psychomotorickou, emotivní i charakterovou.

Konzistentnost

Vnitřní souvislosti mezi cíli uvnitř jejich hierarchie - tj., aby nižší cíle (specifické a dílčí) korespondovaly s cíli obecnějšími (vyššími). Konzistentnost (provázanost) si lze představit také jako pyramidu, na jejímž vrcholu je nejvyšší a také nejobecnější cíl a směrem k podstavě přibývá konkrétnějších cílů, až k dílčím a specifickým cílům, dosahovaných studiem v jednotlivých hodinách i při jednotlivých výkonech studujících.

Přiměřenost

Tj. splnitelnost cílů za daných podmínek, ale při uplatňování maximální náročnosti. Tento požadavek samozřejmě souvisí s předchozími dvěma a je dán zejména úrovní studujících a jejich předchozím vzděláním i studijním zaměřením. V předmětu, který pouze doplňuje všeobecný základ vzdělání a má být osvojen v celkovém přehledu,

jsou vymezovány cíle zcela odlišné úrovně, než v případě, že jde o předmět odborný či profilující.

Jednoznačnost

Je dána přímo formulací cíle, jež nemá připouštět víceznačný výklad smyslu (ani ze strany lektora, ani ze strany studujících).

Kontrolovatelnost

Tj. možnost zjistit, zda cíl byl anebo nebyl splněn (u nižších cílů), resp. nakolik byl splněn (u obecnějších cílů). Tento požadavek je velmi úzce svázán s předchozím, protože kontrolovat (s)plnění lze jen u jednoznačně vymezených cílů. [7]

4.1.3. Vymezování věcných cílů textu

Existuje několik metod, jak vymezovat cíle, například metoda jejíž podstatou je dále uvedená posloupnost činností:

- věcné cíle se nejprve kategorizují na obecné, dílčí a specifické;
- každý obecný cíl se rozpracuje do soustavy dílčích cílů a ty pak do soustavy cílů specifických;
- dílčí i specifické cíle se zformulují tak, aby postihovaly výkony studujících;
- formulace se doplní podmínkami výkonů a pokud možno i výkonovými normami.

Kategorizace cílů zásadně vychází z povahy sloves, kterých se používá k popisu očekávaných činností učících se. Slovesa a vazby typu osvojit si...; naučit se...; obeznámit se...; ovládnout...; pochopit...; prohloubit...; rozšířit... apod. jsou snad vhodná k formulaci obecných cílů. [10]

Z hlediska požadavků konzistentnosti, přiměřenosti a zejména jednoznačnosti i kontrolovatelnosti jsou procesuální stránce učení přiměřenější slovesa: definovat...; ověřit...; charakterizovat...; porovnat...; rozlišit...; zdůvodnit...; vypracovat...; roztrždit...; vysvětlit...; dokázat...; odvodit...; zhodnotit... apod. Právě pomocí těchto sloves se vymezují dílčí cíle. Kontrolovat jejich (s)plnění je snazší a objektivnější. Navíc - taková kontrola se může uskutečnit už v průběhu učení (a nikoli až na jeho konci) - existuje možnost nápravy zjištěných nedostatků.

Jako příklad kontrolovatelných dílčích cílů uvádíme formulace:

- studující bude schopen rozpoznat adekvátní a neadekvátní situaci;
- zapamatuje si různá pravidla;
- dokáže identifikovat nejdůležitější prvky situace;
- bude schopen aplikovat poznatky v netypických případech;
- dokáže vybrat optimální řešení v konfliktových situacích;
- bude schopen stanovit pořadí naléhavosti řešení - atd.

Nejschůdnější je kontrola plnění specifických cílů, vyjadřovaných slovesy typu: nakreslit...; přečíst...; napsat...; vyhledat...; změřit...; vypočítat... atd. - vždy ve spojení s objektem činnosti, k níž vyzývají. Patří sem i slovesa, vyjadřující operace elementární z hlediska odborného zaměření studovaného učiva. [10]

4.2. TVORBA DIDAKTICKÉHO TESTU

Didaktické testy (zkoušky) jsou jednou z cest ke zvýšení efektivity a racionalizace kontrolního prověřování a hodnocení vědomostí žáků, ke zvýšení objektivitu výchovně vzdělávací práce učitele a nepřímo i ke zvýšení efektivity učební činnosti žáků. Jsou zdrojem důležitých informací pro učitele, žáky i studenty. Musí být ovšem dobře naplánovány, zkonstruovány, ověřeny (upraveny) a správně používány. [8]

Sestavit správný a vyhovující didaktický test není snadné. Především je třeba dát každému testovanému žákovi, či studentovi příležitost, aby mohl podat v testu seriózní výkon, zajistit všem testovaným přiměřené a stejné podmínky pro vypracování testových úkolů a omezit na nejnižší míru působení náhodných vlivů. Také způsoby hodnocení testu musí být přesně vymezeny. Jenom tak se stane didaktický test zkouškou založenou na vědeckých poznatcích a postupech, zkouškou spolehlivou, přesnou a výstižnou, se srovnatelnými výsledky.

Didaktické testy měří výsledky výuky, jak si student osvojil učivo, zejména vědomosti a dovednosti.

Současné didaktické testy sledují jednak vědomosti žáků a studentů, jednak stav rozvoje jejich poznávacích funkcí (dovednost myšlenkové analýzy, syntézy, kritického hodnocení atp.).

V pedagogické praxi lze pro běžnou potřebu přezkoušení žáků používat nestandardizovaných didaktických testů, které sice musí vyhovovat základním pravidlům pro konstrukci přesných poznávacích nástrojů, ale často nevyhovují výkonnostním populačním normám a není u nich empiricky zjišťovaná validita. V případech důkladněji provedených nestandardizovaných textů nebo jen částečně standardizovaných testů se hovoří o testech kvazi standardizovaných.

Naproti tomu standardizované didaktické testy jsou sestavovány zpravidla týmy odborníků, v nichž je vedle specialistů daného vyučovacího předmětu také statistik, psycholog, metodik apod. Standardizované didaktické testy jsou ověřovány a normovány na větších souborech či výběrech žáků. Umožňují vyjádřit výkon individuálně testované osoby ve vztahu k výkonům dané populace. [8]

4.2.1. Požadavky na didaktické testy

Didaktické testy musí být podobně jako dotazníky objektivní, standardní, přiměřeně obtížné, spolehlivé, platné (validní), kvantitativně i kvalitativně interpretovatelné, senzibilní, úsporné (ekonomické) a administrované všem zkoumaným osobám stejně. [3]

Objektivnost

Objektivnost didaktického testu je dána stupněm, mírou jeho nezávislosti na osobnosti učitele. Přispívá k jednoznačnosti výsledků, protože omezuje nebezpečí, že by pedagog bezděčně zkreslil fakta, aby získal žádoucí výsledky.

Standardnost

Standardností rozumíme požadavek, aby byla identická metoda používána u různých osob za stejných vnějších podmínek. Předpokládá to sjednocení všech důležitých podmínek vyšetření: stejné úkoly, stejnou případnou instrumentalizaci, dodržování instrukce a postupu, jakož i stejné vyhodnocování výsledků u všech zkoumaných osob. Všechny tyto požadavky směřují k tomu, aby bylo možno srovnávat získané výsledky u různých studentů.

Přiměřená obtížnost

Přiměřenou obtížnost didaktického testu zjišťujeme statistickým rozbořem testu. Používáme výpočtu indexu obtížnosti testu, který je vyjádřen relativním skóre, a to nejčastěji v procentech.

Spolehlivost

Spolehlivostí (reliabilitou) didaktického testu rozumíme, nakolik registruje konsistentně, stabilně. Spolehlivost tedy znamená např. stálost výsledku v čase. Délku odstupu ověřování znalostí touže metodou musíme vždy uvádět.

Validita

Validitou metody rozumíme, nakolik měří to, co měřit má. Závisí kromě jiného na objektivnosti a spolehlivosti metody. Přitom však platí, že poměrně validní, byť i méně objektivní metoda je lepší než zcela objektivní, ale málo validní metoda.

Kvalitativní a kvantitativní interpretovatelnost a normalizace

Kvalitativně lze analyzovat takřka každý test. Zjistíme např., které položky testu byly nejobtížnější, kterých chyb se žáci nejčastěji dopouštěli apod.

Senzibilita

Senzibilita didaktického testu umožňuje zjistit i menší rozdíly v rozsahu a kvalitě naměřených vědomostí či dovedností. Diferencuje žáky a studenty s lepšími i horšími poznatky.

Úspornost

Úspornost (resp. ekonomičnost) didaktického testu znamená, že test má být pokud možno časově nenáročný a nenáročný na vyhodnocování (např. pomocí šablon) a také nenáročný pokud jde o finanční náklady (záznamové archy).

Administrace didaktického testu

Všichni šetřeni studenti dostanou stejnou ústní i písemnou instrukci, stejné znění didaktického testu a stejný záznamový list. Časová náročnost testu by měla být v souladu s jednou vyučovací jednotkou. Každý student by měl sedět samostatně v lavici. Kdo je hotový s testem, může ho odevzdat a opustit zkušební místnost.

4.2.2. Testové položky

Didaktický test je sestaven z jednotlivých testových úloh (položek). Testová položka (jednotlivá testová úloha) je tedy základní stavební jednotkou didaktického testu. Je to vlastně učební úloha speciálně formulovaná pro účely didaktického testování. Testová položka je zpravidla nositelkou určitého prvku učiva. Celý didaktický test je pak odrazem struktury daného prověřovaného celku učiva.

Jedno z členění je na pět základních typů testových položek:

1. Produkční položky, vyžadující vytvoření odpovědi žákem (krátké či delší odpovědi). Jde o tzv. otevřené úkoly.
2. Doplnňovací položky, spočívající v neúplné větě (výroku), kterou mají žáci doplnit tak, aby dávala smysl.
3. Alternativní položky, jejichž řešení je založeno na výběru správné odpovědi ze dvou nabízených alternativ.
4. Položky s výběrem odpovědi z více možností, kdy žák vybírá správné řešení z více odpovědí, počet alternativ bývá 3 - 5.
5. Položky tzv. oboustranného výběru, kdy žák k určitému souboru výrazů, názvů apod. přiřazuje správné odpovědi z nabízených variant.

Typy uvedené pod čísly 2 - 5 jsou vlastně tvořeny tzv. uzavřenými úkoly. [8]

Otevřené úlohy se mohou dále členit podle rozsahu požadované odpovědi na:

- široké úlohy, u nichž se požaduje rozsáhlejší odpověď
- úzké úlohy, u nichž se vyžaduje vytvoření vlastní stručné a krátké odpovědi.

Otevřené úlohy se mohou dělit také na produkční (vyžadující odpověď ve formě slova, symbolů, čísla apod.) a doplňovací (vyžadující doplnění neúplné věty či výroku).

Uzavřené úlohy se mohou dělit na dichotomické, polytomické, přiřazovací a uspořádací.

U dichotomických úloh jsou žákovi předkládány dvě alternativní odpovědi s tím, že jedna je správná (např. ano - ne, správně - chybně apod.). Jejich nevýhodou je velká pravděpodobnost uhodnutí správné odpovědi. Aby se věrohodnost výsledků získaných testováním dichotomickými úlohami zvýšila, musí test těchto úloh obsahovat větší počet.

U polytomických úloh vybírá žák odpověď z několika nabízených alternativ. Nebezpečí náhodného uhodnutí správné odpovědi se zmenšuje s rostoucím počtem nabízených odpovědí. Jako jejich optimální počet se uvádí 4 - 5. Praxe se ustálila u čtyř nabízených odpovědí.

U přiřazovacích úloh žák přiřazuje pojmy jedné množiny k pojmům množiny druhé. U uspořádaných úloh se od žáka požaduje, aby uspořádal prvky množiny pojmů jedné třídy do řady podle určitého kritéria. [3]

Při konstrukci všech typů úkolů je třeba dbát těchto obecných pokynů:

text úkolů musí být správný po gramatické stránce. V textu se nemají vyskytovat obtížná a nejasná slova. Je třeba vyhýbat se doslovným formulacím z učebnic, protože by to podporovalo formalismus v získávání vědomostí. V žádném případě nelze v úkolech připouštět jakoukoli dvojsmyslnost. Úkoly nesmějí být sestaveny tak, aby sugerovaly odpověď, nebo tak, aby bylo možno dospět ke správné odpovědi na základě logického úsudku o tom, jak byl úkol formulován nebo uspořádán. V úkolech se nesmějí objevovat „chytáky“.

Je třeba používat spíše kvantitativních než kvalitativních výrazů. Mezi úkoly nesmí existovat taková spojitost, aby řešení jednoho úkolu umožňovalo řešení některého z dalších úkolů. Je třeba vyhýbat se úkolům, jejichž řešení je dosud předmětem vědecké diskuze.

Aby mohli být žáci navzájem srovnáváni, je nezbytně nutné, aby všichni řešili tytéž úlohy. [8]

Hodnocení odpovědí na testové položky neboli skórování odpovědí se provádí většinou pomocí bodů. Jeden bod za správnou odpověď, žádná nebo chybná odpověď má nulu. Jde o tzv. nevážené skórování či skórování binární. Součtem bodů za správné řešení jednotlivých položek v testu získáme tzv. hrubé skóre, které se někdy nazývá také prosté skóre.

4.2.3. Možnosti využití didaktických testů

Didaktický test je možno využít především k prověření, hodnocení a klasifikaci vědomostí a dovedností žáků a studentů. Cílem je navíc i odstraňování zjištěných nedostatků, např. po probrání jednotlivých učebních témat či celého tematického celku.

Zadáním didaktického testu, jeho opravením a stanovením klasifikačního stupně by práce učitele s didaktickým testem neměla pro vyučujícího končit. Výsledky mu totiž dávají dostatek podkladů k tomu, aby na jejich základě mohl posuzovat a odhadovat i příčiny úspěchu či neúspěchu žáků a přijímat opatření ke zlepšení vlastní práce, jakož i práce jednotlivých žáků (skupin, tříd apod.).

5. POPIS VYUŽITÉ APLIKACE

5.1. SYSTÉM MOODLE

Moodle [čti můdl] je softwarový balíček pro tvorbu výukových systémů a elektronických kurzů na internetu. Jedná se o neustále se vyvíjející projekt, navržený na základě sociálně konstruktivistického přístupu k vzdělávání.

Systém je poskytován zdarma jako Open Source software. To znamená, že je chráněn autorskými právy, ale poskytuje přitom uživatelům značnou svobodu. Moodle můžeme kopírovat, používat i upravovat, pokud souhlasíme s tím, že: budeme tento zdroj poskytovat ostatním; nebudeme měnit ani odstraňovat původní údaje o licencích a autorských právech, a uplatníme stejné licenční podmínky i u jakýchkoliv odvozených produktů.

Slovo Moodle bylo původně akronymem pro Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment (Modulární objektově orientované dynamické prostředí pro výuku); tato informace může být zajímavá především pro programátory a teoretické pedagogy. Lze ho také považovat za sloveso, které popisuje proces líného bloumání od jednoho k druhému, dělání věcí podle svého, hravost, která často vede k pochopení problému a podporuje tvořivost. V tomto smyslu se vztahuje jak k samotnému zrodu Moodlu, tak k přístupu studenta či učitele k výuce v on-line kurzech. [11]

5.1.1. Historie systému

Moodle je živý projekt, na kterém se stále pracuje. U jeho zrodu stál Martin Dougiamas, který ho řídí dodnes.

Po několika zavržených raných prototypch vypustil pan Dougiamas dne 20. srpna 2002 do světa verzi 1.0. Ta byla určena pro intimnější prostředí menších tříd na vysokých školách a byla použita pro řadu studií, které podrobně zkoumaly spolupráci a reflexi v těchto malých skupinách dospělých účastníků. Od té doby se pravidelně objevují další verze obohacené o nové prvky a nabízející lepší škálovatelnost a vyšší výkon.

Šíření Moodlu a rostoucí počet uživatelů umožňují získávat stále více ohlasů od lidí z různých vzdělávacích prostředí. Moodle nyní nepoužívají jen univerzity, ale i střední

a základní školy, neziskové organizace, soukromé firmy, nezávislí učitelé a dokonce i rodiče, kteří se rozhodli vzdělávat své děti doma. Na zkvalitňování Moodlu se různým způsobem podílí čím dál víc lidí z celého světa.

Důležitou součástí projektu Moodle je webová stránka moodle.org, která je zdrojem informací a místem pro diskusi a spolupráci uživatelů, mezi něž patří správci systémů, pedagogové, metodici, vědci, a samozřejmě vývojáři. Tato stránka se - stejně jako Moodle sám - neustále vyvíjí, aby vyhovovala potřebám uživatelů, a stejně jako Moodle bude vždy zdarma. V roce 2003 byla založena společnost moodle.com, která nabízí rozšířenou placenou podporu těm, kteří ji potřebují, správu stránek a konzultantské a další služby. [11]

5.1.2. Východiska systému

Koncepce a celý vývoj systému Moodle jsou založeny na jistém směru v teorii učení, na způsobu myšlení, který bývá někdy stručně označován jako "sociálně konstruktivistická pedagogika". [12]

Konstruktivismus

Konstruktivismus tvrdí, že si lidé nové znalosti aktivně konstruují, vytvářejí při interakci se svým okolím. Vše, co čteme, vidíme, slyšíme, cítíme a čeho se dotýkáme, je porovnáváno s našimi dosavadními znalostmi, a pokud je to s naším mentálním světem kompatibilní, může se to stát novým poznatkem, který si ponese s sebou. Znalost se upevňuje, pokud ji úspěšně použijeme v prostředí, v němž žijeme. Nejsme pouhá paměťová banka pasivně přijímající informace, a znalosti nám nemohou být "předány" pouhým přečtením něčeho nebo nasloucháním někomu.

To neznamena, že se nemůžeme nic naučit čtením webové stránky nebo sledováním přednášky. To samozřejmě můžeme. Konstruktivismus jen zdůrazňuje, že při tom probíhá interpretace, nikoliv pouhý přenos informací z jednoho mozku do druhého.

Konstruktivismus

Konstruktivismus vychází z toho, že učení je zvláště efektivní, jestliže při něm tvoříme něco pro ostatní. Může to být cokoli, od mluvené věty nebo sdělení na internetu až po složitější výtvary, jakými jsou obraz, dům nebo softwarový produkt.

Například internetové stránky si můžeme přečíst několikrát a přesto její obsah do zítřka zapomenout - ale kdybysme měli myšlenky, které obsahuje, vlastními slovy vysvětlit někomu jinému, nebo připravit a promítnout sadu obrázků, které by tyto pojmy ilustrovaly, získali bychom hlubší porozumění, které by bylo lépe začleněno do našeho vlastního myšlení.

Sociální konstruktivismus

Sociální konstruktivismus rozšiřuje výše uvedené myšlenky na sociální skupinu, kde se vytvářejí věci společně a pro všechny, takže vzniká malá kultura společných výtvorů se společnými významy. Když je jedinec do takové skupiny zařazen, nepřetržitě se učí, jak být její součástí, a to na mnoha rovinách.

Příkladem může být elektronický kurz - tady už nejen že "tvar" softwarového nástroje naznačují něco o tom, jak by online kurzy měly fungovat, ale činnost členů skupiny a texty, které vytvořili, pomáhají utvářet chování každého člena skupiny.

Kolektivní a samostatné chování

Tento koncept se hlouběji zabývá motivací účastníků diskuse. Za individuální se považuje chování, při kterém se člověk snaží zůstat 'objektivní' a 'věcný', hájí své vlastní myšlenky a hledá logické mezery v argumentech protivníka. Vztahové chování je empatictější přístup, který připouští subjektivní postoje, snaží se naslouchat a klást otázky ve snaze porozumět názoru druhého. Cílové chování vzniká tehdy, když člověk vnímá obě tyto možnosti přístupu a je schopen si jednu z nich vybrat jako vhodnou pro danou situaci.

Obecně vzato, rozumná míra vztahového chování je při učení ve skupině velmi silným stimulem pro studium: vedle sbližování lidí také podporuje hlubší reflexi a přezkoumávání jejich přesvědčení. [11]

5.1.3. Vlastnosti systému Moodle

Moodle je produkt, který je stále v pohybu a vyvíjí se.

Základní koncepty

- Podporuje sociálně konstruktivistickou pedagogiku (spolupráce, aktivita, kritická sebereflexe aj.).

- Doplněk kontaktní výuky nebo pro plně distanční internetovou výuku.
- Jednoduché, efektivní, kompatibilní, technicky nenáročné a intuitivní uživatelské rozhraní.
- Instalace možná téměř na všechny platformy, které podporují PHP. Vyžaduje pouze jednu databázi (a tu může sdílet).
- Plně nezávislý na konkrétní databázi a podporuje všechny hlavní typy databází (kromě úvodního vytvoření tabulek).
- Seznam kurzů nabízí popis každého kurzu i informaci, zda do něj mají přístup návštěvníci.
- Kurzy lze třídit do kategorií, kategorie lze prohledávat - každý server s Moodle může podporovat tisíce kurzů.
- Velký důraz na zabezpečení: data ze všech formulářů jsou kontrolována, cookies jsou šifrovány atd.
- Většinu oblastí pro vkládání textu (zdroje, příspěvky do fór, záznamy do deníku atd.) lze editovat pomocí vestavěného editoru html.

Správa systému

- Systém spravuje administrátor, který je určen během instalace.
- Doplnkový modul Vzhled umožňuje administrátorovi nastavit prostředí serveru: barvy, písma a rozložení stránek tak, aby vyhovovaly potřebám.
- K stávajícím instalacím Moodlu lze přidávat doplňkové moduly činností.
- Doplňkové moduly jazyků umožňují plnou lokalizaci do jakéhokoliv jazyka. Jazykové balíčky lze upravovat pomocí vestavěného webového editoru (v současné době existují balíčky pro cca 34 jazyků).

Správa uživatelů

- Cílem je omezit nutnost zásahů administrátora na minimum a přitom zachovat vysoký standard zabezpečení.
- Doplňkové moduly podporují řadu ověřovacích mechanismů, které umožňují integraci do stávajících systémů.
- Standardní e-mailovou metodou se studenti mohou vytvářet své vlastní účty. Uvedou platnou e-mailovou adresu, která se ověřuje potvrzením po obdržení e-mailu.

- Každá osoba potřebuje pro celý systém pouze jeden účet; pro různé účely lze účtu přiřadit různá práva.
- Administrátor řídí zakládání kurzů a učitelem kurzu může stanovit libovolného uživatele, dále může stanovit tvůrce kurzů, ten je pak oprávněn vytvářet kurzy a určovat pro ně učitele.
- Učiteli lze odebrat práva na editování kurzů (například u externích učitelů).
- Učitel může pro každý kurz stanovit "klíč k zápisu", aby do něj měli přístup pouze oprávnění studenti. Tento klíč jim pak sdělí osobně, soukromým e-mailem apod.
- V případě potřeby mohou učitelé zapsat studenty do kurzu také ručně.
- Učitelé mohou studenta také ručně odhlásit. Jinak je student odhlášen automaticky, pokud po určitou dobu, kterou nastaví administrátor, nevyvíjí žádnou činnost.
- Studenti jsou vedeni k tomu, aby si v systému vytvořili svůj osobní profil obsahující fotografii a charakteristiku. Pokud si to přejí, mohou zakázat veřejné zobrazování své e-mailové adresy.
- Každý uživatel si může nastavit své časové pásmo a všechna data v Moodlu se pak převádějí do tohoto časového pásma (např. datum odeslání, termíny odevzdání úkolů atd.) nebo si může zvolit jazyk uživatelského rozhraní Moodlu (angličtina, čeština, francouzština, němčina atd.)

Správa kurzů

- Každý učitel s právem editace má plnou kontrolu nad nastavením kurzu, včetně práva omezovat ostatní učitele.
- Volba mezi týdenním, tématickým nebo diskusním uspořádáním kurzu.
- Široká nabídka možných činností v kurzu: fóra, deníky, testy, materiály, hlasování, dotazníky, úkoly, chat, workshop.
- Na domovské stránce kurzu se mohou zobrazovat změny provedené od posledního přihlášení.
- Všechna hodnocení z fór, deníků, testů a úkolů mohou být zobrazena na jedné stránce (případně uložena jako soubor pro zpracování v tabulkovém procesoru).
- Rozsáhlé možnosti sledování a zaznamenávání činnosti uživatelů - podrobný záznam a grafy činnosti každého studenta v libovolném modulu (poslední přístup, počet čtení),

"historie" studenta v kurzu, tj. záznam o všech jeho činnostech včetně zápisů do deníku, přispívání do fór atd.

- Vestavěný e-mailový klient - kopie příspěvků do fóra, zpětná vazba atd. mohou být zaslány jako zpráva ve formátu html nebo jako prostý text.

- Učitelé si mohou definovat vlastní škály pro hodnocení fór, úkolů a deníků.

- Pomocí funkce Zálohování je možné celý kurz sbalit do jediného souboru ve formátu zip. Z tohoto souboru jej pak lze zase obnovit na libovolném serveru provozujícím Moodle.

Moduly

- Úkoly

U úkolů lze stanovit termín odevzdání a maximální počet bodů. Studenti mohou úkoly nahrát na server (jako soubor v libovolném formátu) a každý odevzdaný úkol je při tom označen časovým razítkem. Opožděné odevzdání úkolu je přípustné, ale učitelé se zřetelně zobrazí, s jakým zpožděním byl úkol odevzdán. Hodnocení úkolu i s komentářem lze vyplnit pro celou třídu na jedné stránce prostřednictvím formuláře. Poté je studentovi přidáno na stránku s odevzdaným úkolem a zároveň je mu e-mailem zasláno upozornění. Učitel si může zvolit, jestli je úkol po ohodnocení možné odevzdat znovu k novému ohodnocení.

- Chat

Umožňuje plynulou synchronní textovou komunikaci a zobrazení obrázku uživatelského profilu v okně chatu. Podporuje adresy url, emotikony, vložení html kódu, obrázky atd. Všechny relace jsou zaznamenávány, takže je možné si je později prohlédnout a případně je zpřístupnit i studentům.

- Hlasování

Podobně jako v průzkumu mínění lze hlasovat o konkrétní otázce (vyučující má možnost nastavit až šest možných odpovědí). Učitelé se v přehledné tabulce zobrazí, jak který student hlasoval. Studentům pak lze zpřístupnit průběžný graf aktuálních výsledků.

- Fórum

K dispozici jsou různé typy fór, např. učitelské, aktuální zprávy z kurzu, veřejné fórum nebo fórum umožňující každému uživateli založit pouze jedno téma diskuse. U všech příspěvků se zobrazují fotografie jejich autorů. Existují různé typy zobrazení fór: lineárně řazené příspěvky (vzestupně či sestupně podle data vložení), hierarchicky řazené příspěvky nebo hierarchicky řazené názvy příspěvků. Každý uživatel si může pro každé fórum určit, zda mu mají být zasílány e-mailem nové příspěvky. Učitel může provést nucené přihlášení všech účastníků a může také zakázat odpovídat na příspěvky, například v případě fór sloužících jen jako oznámení. Jednotlivé diskuse může učitel snadno přemísťovat z jednoho fóra do druhého. Přiložené obrázky se zobrazují přímo v textu příspěvku. Je-li používáno hodnocení diskusních příspěvků, lze je omezit jen na příspěvky vložené v určitém časovém rozmezí.

- Deník

Deníky jsou prostředkem pro soukromou komunikaci mezi studentem a učitelem. Zápis v deníku lze iniciovat společnou otázkou. Hodnocení jednotlivého zápisu do deníku lze provést pro celou třídu na jedné stránce prostřednictvím formuláře a pak jej připojit na stránku se zápisem a studentovi zaslat upozornění.

- Test

Učitel může vytvářet databázi otázek, které mohou být opakovaně použity v různých testech. Otázky lze pro snazší přístup roztřídit do kategorií a tyto kategorie pak "zveřejnit", takže otázky mohou být použity ve více kurzech. Testy jsou hodnoceny automaticky; pokud dojde ke změně otázek, lze jednoduše provést nové hodnocení. Pro řešení testu lze vymezit časové období, mimo něž nebude test dostupný. Učitel může nastavit, zda je test možno opakovat a zda se k zodpovězeným otázkám mají zobrazovat správné odpovědi, komentáře apod. Jednotlivé otázky a odpovědi lze náhodně míchat, aby se ztížilo opisování, mohou obsahovat html kód nebo obrázky a lze je importovat z externích textových souborů. Test lze absolvovat vícekrát, pokud to učitel povolí pak, vyplňování testu může být kumulativní, rozložené do několika sezení. Samotný test může mít podobu:

- a) otázky s volenou odpovědí, umožňující volbu jediné nebo více možností

- b) krátké tvořené odpovědi (slovo nebo fráze)
- c) otázky typu Ano/Ne
- d) přiřazovací otázky
- e) numerické úlohy (včetně povolené tolerance)
- f) otázky ve formě textu s vynechanou odpovědí (tzv. "cloze test")
- g) možnost náhodného výběru otázek do testu

- Studijní materiály

Modul umožňuje zobrazení jakéhokoli materiálu dostupného v elektronické formě (soubory aplikací Word, PowerPoint, Flash, video nebo zvukové soubory ap.). Materiály lze nahrát na server a tam je spravovat, nebo je lze vytvářet přímo při práci pomocí webových formulářů (ve formátu html nebo jako prostý text). Externí zdroje dostupné na internetu lze do kurzu začlenit jako odkazy; přitom lze jejich obsah zobrazit jako součást stránky kurzu.

- Dotazníky

Moodle obsahuje vestavěné dotazníky pro analýzu online kurzů. Výsledky provedených průzkumů jsou kdykoliv dostupné a jsou doplněny grafy a data lze stáhnout ve formátu tabulkového procesoru Excel nebo v textovém formátu. Rozhraní neumožňuje odevzdání neúplně vyplněného dotazníku. Jako zpětnou vazbu student obdrží své výsledky a jejich srovnání s průměrem v kurzu.

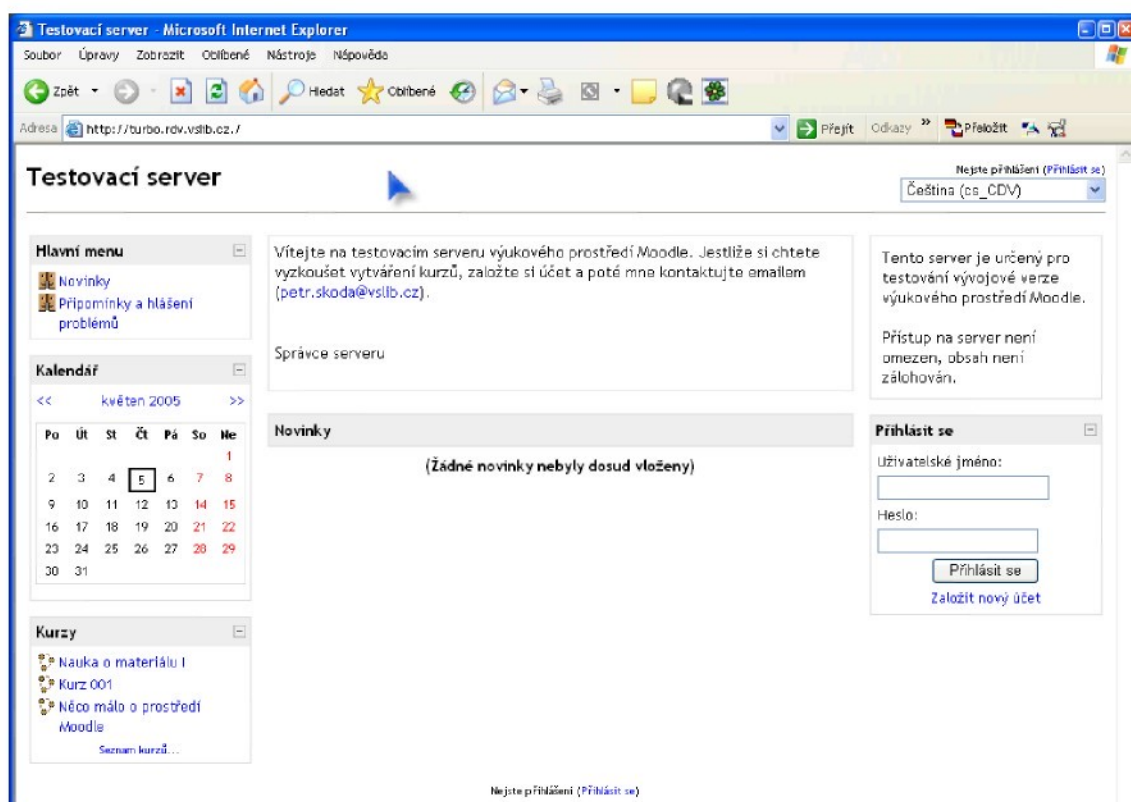
- Workshop

Umožňuje vzájemné hodnocení odevzdaných dokumentů všemi účastníky kurzu. Učitel může nastavovat režim hodnocení a výkon jednotlivých studentů bodovat. [11]

6. VYHODNOCENÍ ZKUŠENOSTÍ SE SYSTÉMEM MOODLE

Tato část bakalářské práce je zaměřena na vlastní metodické zpracování opakování látky z předmětu Nauka o materiálu I (NMI) v systému Moodle. Předmět je vyučován v prvním semestru magisterského a bakalářského studia Fakulty strojní a po udělení zápočtu je ukončen zkouškou z Nauky o materiálu na konci druhého semestru po skončení navazujícího předmětu Nauka o materiálu II. NMI je tvořena 14 cvičeními ve čtrnácti výukových týdnech, z toho jedenáct cvičení je věnováno výuce tematických celků (viz. příloha č. 2), dvě cvičení jsou věnována testům a jedno cvičení – první je úvodní. K jedenácti výukovým cvičením byly vypracovány testy, které jsou uvedeny v příloze č.3.

Prostředí Moodle umožňuje zpracování různých aktivit jak je uvedeno v předcházející kapitole. V kurzu NMI byly hlavně použity aktivity zdroje a testy.

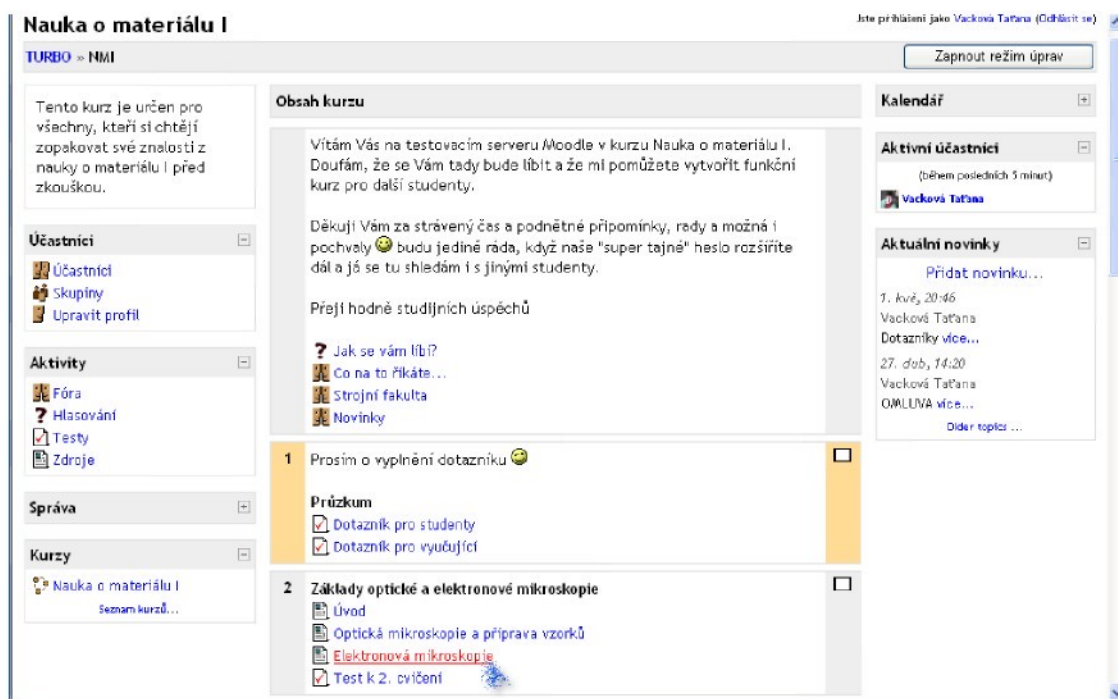


Obr. č. 1.: Testovací server – přihlášení uživatele.

6.1. TESTOVACÍ SERVER MOODLE

Didaktické texty a testy byly umístěny na Testovací server výukového prostředí Moodle pod Technickou univerzitou v Liberci (<http://turbo.rdv.vslib.cz/> - viz. obr. č.1). Kurz, který bylo nutno nejprve zaregistrovat u správce sítě, byl nazván Nauka o materiálu I.

Celý kurz byl rozdělen do dvanácti oddílů. Jedenáct oddílů bylo věnováno vyučovaným cvičením rozděleným podle sylabu do výukových týdnů. V každém takovém oddíle byly učební texty zpracovaných cvičení v jednotlivých přehledných kapitolách a v závěru každého oddílu byl umístěn opakovací test (viz obr. č 2.). Dvanáctý oddíl byl věnován průzkumu veřejného mínění formou dotazníků pro studenty a vyučující.



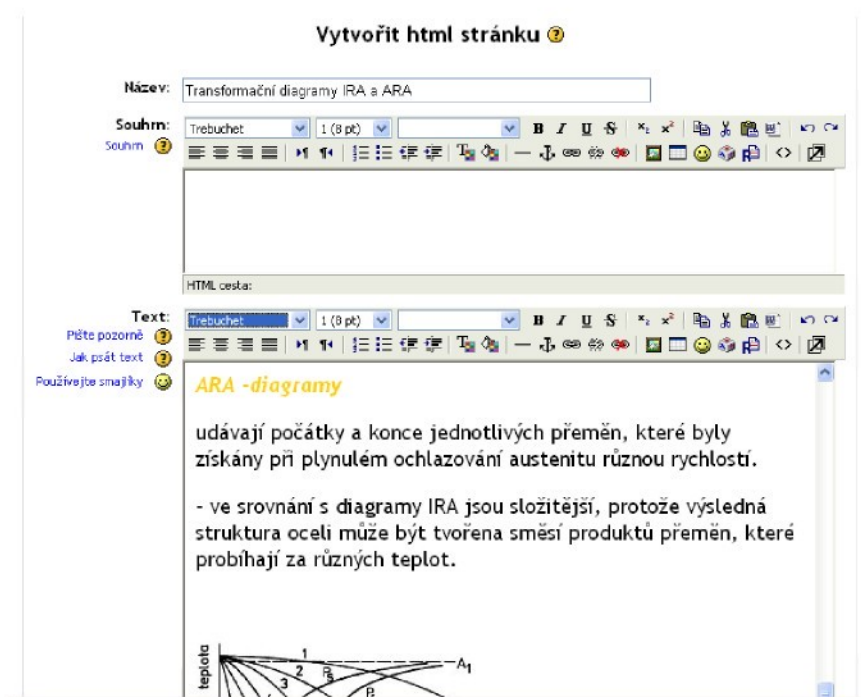
Obr. č. 2.: Prostředí kurzu NMI – úvodní stránka.

6.1.1. Zpracování učebních textů

Vkládat didaktické texty, které jsou na tomto serveru nazývány „zdroje“, je možno hned několika způsoby. Například text může mít formu neformátovaného textu,

html stránky, složky, či přímo odkazu na www stránky. Každému zdroji lze přiřadit název i krátký obsah textu.

V kurzu NMI byly všechny učební texty vloženy jako internetové html stránky. Na obrázku číslo 3 je vidět, jak vypadá pracovní prostředí pro tvorbu html zdroje. Stránka je členěna na tři oddíly – název, souhrn, ve kterém lze uvést krátkou charakteristiku učebního textu a samotný text. Prostředí je shodné s textovými editory a poskytuje stručné nápovědy (žlutá kolečka s otazníky po levé straně okna) s názornými příklady, kde je to nutné (např. html kódy pro změnu písma apod.). Celá nápověda je v anglickém jazyce.

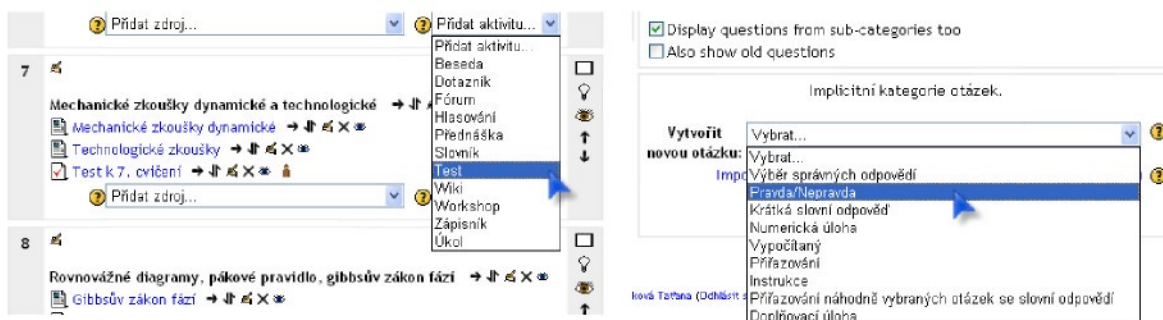


Obr. č. 3.: Vytvoření zdroje učebního textu jako html stránka.

6.1.2. Zpracování didaktických testů

Moodle nabízí pro zpracování zkušebních testů velkou škálu možností. V této aplikaci byly pužity formy dvě - volba odpovědi ze tří možností a tvrzení typu pravda/nepravda. Otázky s možností volby odpovědi a, b, nebo c byly použity v osmi

případech. Ve zbývajících třech oddílech byly otázky formulovány jako pravdy, či nepravdy.



Obr. č. 4.: Vlevo na obrázku je znázorněna volba aktivity test, vpravo pak druhy testů.

Na následujících dvou obrázcích je názorně vidět, jak se vkládá text znění otázek do jednotlivých modů testů. Do zadání otázek je také možné vkládat obrázky.

Úprava - otázka s výběrem odpovědi ?

Kategorie: Standard

Název otázky: Globulární perlit vzniká:

Otázka: Trebuchet 1 (8 pt)

HTML cesta:

Zobrazit obrázek: Žádný

Počet správných odpovědí: Jedna správná

Odpovědi: Musíte vyplnit alespoň dvě možné odpovědi. Prázdné možnosti nebudou zobrazeny.

Odpověď 1: zakalením a popuštěním oceli na vyšší teplotu Body: Žádný

Komentář u odpovědi:

Odpověď 2: žháním na měkko Body: 100 %

Obr. č. 5.: Tvorba otázky s výběrem možných odpovědí.

Úprava - Pravda/Nepravda ?

Kategorie: Standard

Název otázky: Cementace je bezdifúzní sycení povrchu uhlíkem.

Otázka: Trebuchet 1 (8 pc)

HTML editace ?

Cementace je bezdifúzní sycení povrchu uhlíkem.

HTML cesta:

Zobrazit obrázek: Žádný

Správná odpověď: Nepravda

Komentář u odpovědi (Pravda): Jde o difúzní sycení jako u všech chemicko-tepelných zpracování.

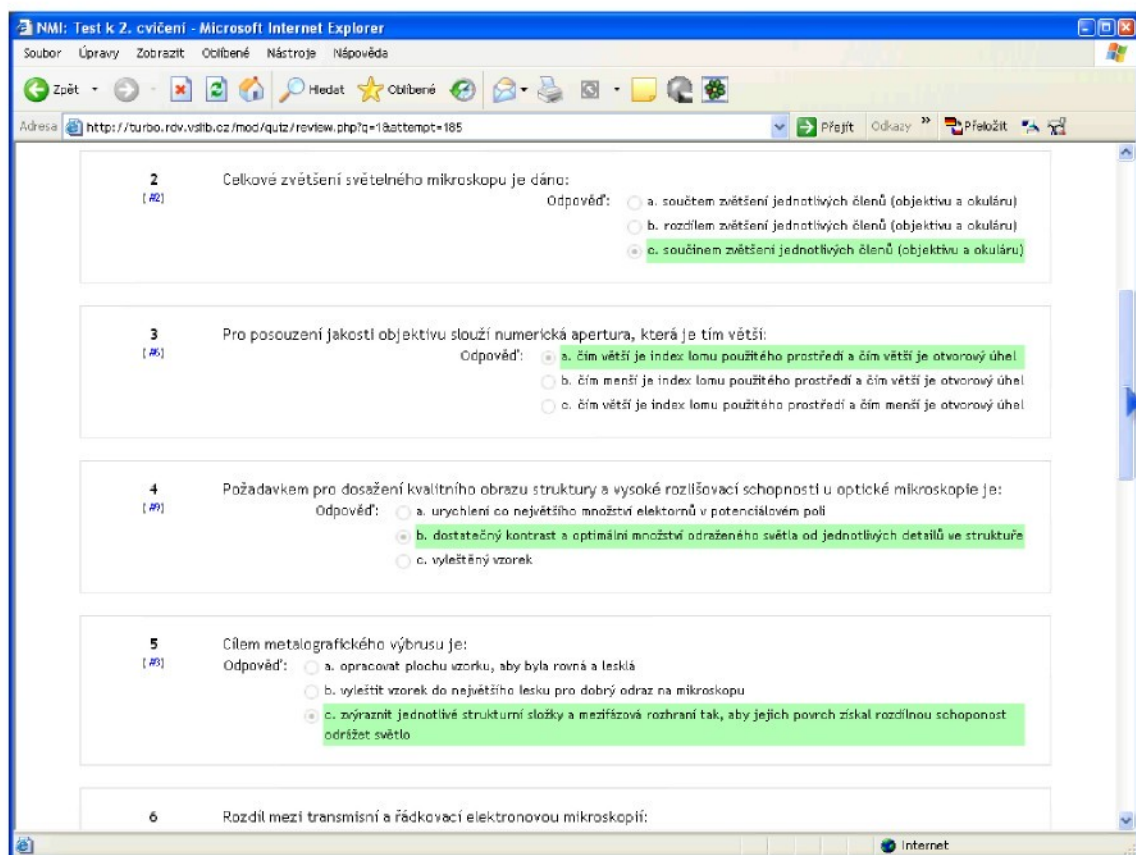
Komentář u odpovědi (Nepravda):

Obr. č. 6.: Tvorba otázky pravda/nepravda (odpověď umožňuje i zobrazení krátkého komentáře, či vysvětlení).

Studenti po vyplnění testu měli možnost zkontrolovat si správnost zodpovězených otázek v novém okně (viz obr. č. 7). Dále jim bylo umožněno testy neomezeně opakovat a procházet.

6.1.3. Práce ve výukovém prostředí

Každý student před vstupem do kurzu NMI byl nucen založit si uživatelský účet. Pro funkčnost účtu je důležitá platná e-mailová adresa, jméno a příjmení. Učitel tak může snáze kontrolovat studenty, jejich aktivity a pohyb v kurzu. Pomocí srozumitelných a přehledných grafů a tabulek byl zjišťován běh kurzu: přihlášení studenti, odevzdané testy a jejich statistické vyhodnocení, práce s textem, četnost a doba přístupů účastníků a další. Prostředí je velice intuitivní a veškeré tyto operace práci s ním ještě více usnadňovaly.



Obr. č. 7.: Kontrola správného řešení testu (zeleně jsou vysvíceny správné odpovědi).

6.2. DOTAZNÍKY PRO STUDENTY A VYUČUJÍCÍ

Každý student, či vyučující, který pracoval ve výukovém prostředí Moodle mohl zodpovědět dotazník. Dotazníky jsme chtěli zjistit, jaký způsob opakování látky studenti, či vyučující preferují a jak se jim pracovalo v tomto výukovém prostředí Moodle. Kompletní znění dotazníků je uvedeno v příloze číslo 4.

Dotazovaní odpovídali na otázky známkami jako ve škole. Jednička znamenala pro ně nejvhodnější variantu a pětka tu nejhorší. Na dotazníky odpovědělo 36 studentů z 41 přihlášeného účastníka. Z přihlášených vyučujících zodpověděli dotazník všichni, tj. čtyři.

V první části dotazníku bylo pět otázek členěných do tří podotázek, tj. 5 otázek dotazujících se na konkrétní způsob opakování učiva jako je samostatná práce, či samostudium, dohledávání materiálů, apod., shrnutí přednášené látky na konci

probraných tématických okruhů, samostatné projekty na dané téma, úkoly a referáty z probrané látky a v neposlední řadě počítačová aplikace typu Moodle, které studenti a vyučující měli srovnat podle tří kritérií (časová efektivita, hloubka porozumění a příjemnost práce). Znění otázek je uvedeno v následujícím příkladu:

Pokuste obodovnat následující způsob zopakování látky z daného tématu podle jednotlivých kritérií. (1 je nejlepší způsob a 5 nejhorší) samostatná práce (samostudium, dohledávání materiálů, apod.) z hlediska

- časové efektivity je pro vás:
- hloubky porozumění je pro vás:
- příjemnosti práce je pro vás:

Výsledky z této části dotazníku jsou zpracovány v následujících tabulkách č. 1 a 2.

Typy a kritéria	Samostatná práce	Shrnutí učiva	Samostatné projekty	Úkoly a referáty	Aplikace Moodle
Časová efektivita	2,06	1,75	2,44	2,94	1,63
Hloubka porozumění	2,38	2,00	2,44	2,50	1,88
Příjemnost práce	2,31	1,94	2,44	2,94	1,69

Tab. č.1.: Odpovědi studentů.

Typy a kritéria	Samostatná práce	Shrnutí učiva	Samostatné projekty	Úkoly a referáty	Aplikace Moodle
Časová efektivita	3,00	2,50	3,00	3,00	1,00
Hloubka porozumění	2,50	1,00	1,00	2,75	2,00
Příjemnost práce	3,00	2,00	3,00	3,00	1,00

Tab. č.2.: Odpovědi vyučujících.

Jak je patrné z tabulek nejhůře bylo hodnoceno opakování učiva formou referátů a úkolů a to hlavně z hlediska časové efektivnosti a příjemnosti práce. V tom se shodli

všichni účastníci kurzu, tedy vyučující i studenti. Na další přičce se v odpovědích studentů směrem k lepšímu umístily projekty, dále samostudium, shrnutí učiva a na první pozici se umístily počítačové aplikace podobného typu jako byla tato. Vyučující odpovídali obdobně, jen samostatné projekty hodnotili lépe než samostudium.

V další části se měli studenti vyjádřit k tomu jakou měrou jim tento kurz přišel přehledný a srozumitelný, pomohl s utříděním znalostí z oboru Nauka o materiálu I a jakou měrou jim pomohl s přípravou na zkoušku z NMI.

Na obdobné otázky odpovídali i vyučující s tím rozdílem, že je hodnotili i z hlediska studenta. Výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 3.

Dotaz a dotazovaný	Přehlednost kurzu NMI	Utřídění znalostí z NMI	Příprava na zkoušku z NMI
Studenti	1,25	2,00	2,00
Vyučující	1,00	1,75	2,00

Tab. č. 3.: Výsledky druhé části dotazníku.

Přehlednost a srozumitelnost kurzu studenti hodnotili známkou 1,25 a vyučující 1,00.

Utřídění znalostí z NMI studenti hodnotili známkou velmi dobře, tedy 2,00 a vyučující tuto otázku hodnotili na 1,75.

Otázka, která se týkala přípravy na zkoušku byla studenty i vyučujícími shodně hodnocena a to známkou 2,00. Tyto výsledky můžeme označit za velice uspokojivé. Aplikace by neměla suplovat přípravu na zkoušku, ale pomoci s ní a doplnit ji. Což jak výsledky napovídají účel splnilo.

I když v kurzu neprobíhala diskusní fóra, byli účastníci požádáni, aby se k nim vyjádřili a zkusili formulovat, nakolik v této aplikaci postrádali diskusi s ostatními studujícími, nebo s učiteli nad danou problematikou. Vyučující odpovídali pouze na otázku týkající se diskuse se studenty.

Studenti se vyjádřili tak, že diskusi s ostatními studenty postrádali na 2,75 bodu a diskusi s vyučujícími 3,38 bodu. Vyučujícím chyběla diskusně 3,00 body.

Shrnutí výsledků je v tabulce č. 4.

Dotaz a dotazovaný	Absence diskuse se studenty	Absence diskuse s vyučujícími
Studenti	2,75	3,38
Vyučující	3,00	-

Tab. č. 4.: Hodnocení absence diskuse mezi účastníky.

Bohužel z nedostatku času, z důvodu hledání vhodného serveru s místem pro náš kurz, se nepovedlo aktivovat fóra při výuce. Všichni účastníci to hodnotili spíše záporně.

Poslední otázkou bylo, zda by účastníci uvítali použití obdobné aplikace i v dalších předmětech a pokud ano, tak v jakých.

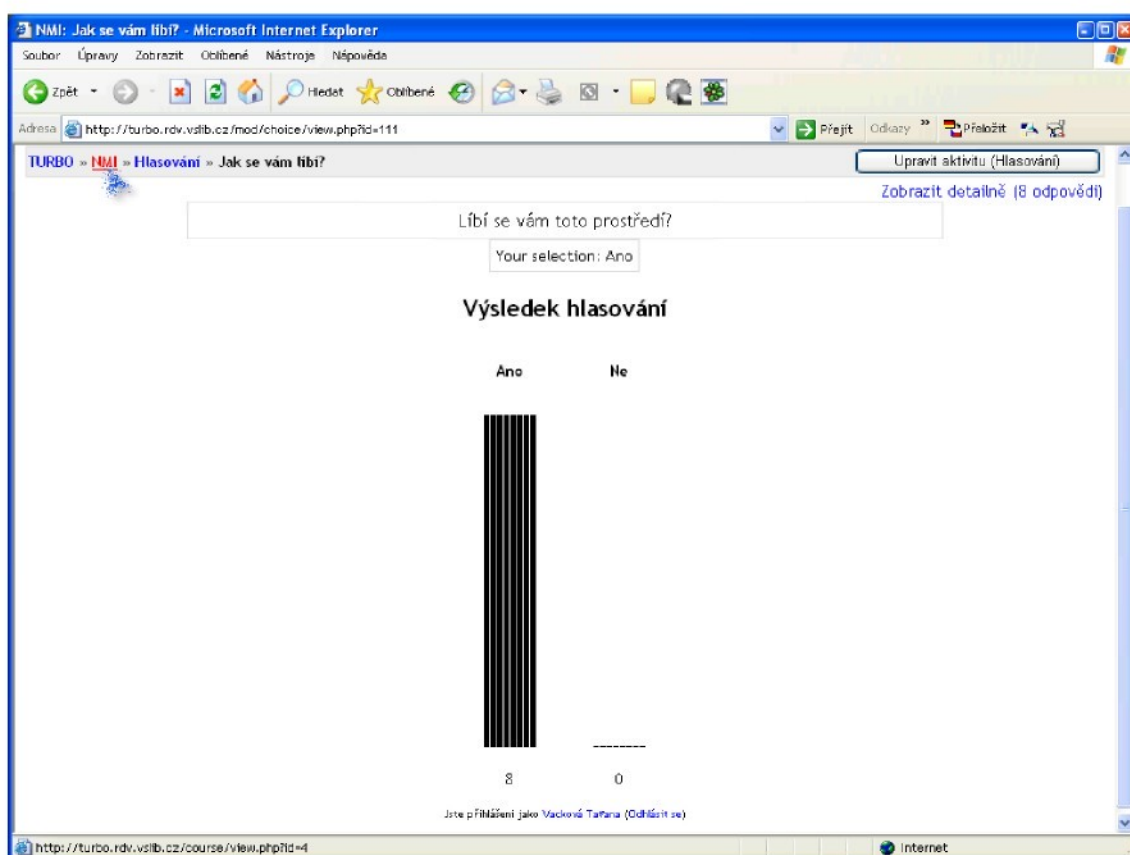
Studenti v jednom jediném případě odpověděli záporně, jedenkrát spíše ano a v ostatních případech hodnotili další použití velice kladně. Většina z nich, tj. 31 student, navrhovala použití tohoto systému v dalších předmětech. Převažoval názor – 17 odpovědí - pro využití ve všech tzv. technologiích, které jsou vyučovány na fakultě strojní (Technologie zpracování nekovových materiálů, Technologie slévání, Technologie sváření, Technologie tváření apod.). K technologiím můžeme přiřadit i 6 odpovědí, kde studenti preferovali spíše „povídavé“ předměty. Dále se vyskytovaly názory o možnosti použití ve všech předmětech, či v co největší možné míře, tyto názory zastávali 3 studenti. 5 studentů jmenovalo různé předměty jako například Matematiku, Fyziku, Mechaniku, Pascal, Statistiku, Základy konstruování I a II a Počítačovou grafiku. Zbylí studenti na otázku odpověděli pouze souhlasem bez udání příkladu použití. (Přehled viz. tabulka č. 5)

Použití	Ne	Spíš ano	Ano	Co nejvíce	Technologie	Výkladové předměty	Ostatní předměty
Počet studentů	1	1	3	3	17	6	5

Tab. č. 5.: Možnosti dalšího použití systému Moodle.

Vyučující se shodli, že podobné aplikace, ve spojení s běžnou výukou a individuálními konzultacemi, by byly užitečné u většiny předmětů. Jako příklady pak uváděli: matematiku i s možnou aplikací - vzorový příklad a následný test, technologické

předměty jako učební texty s obrázky, atd. Velkou výhodou Moodlu také spatřovali ve využití práce se studenty distančního studia a s malými skupinami, u kterých cvičení probíhají individuálně formou konzultací. Z důvodu toho, že všichni vyučující jsou zástupci katedry materiálu, uváděli možné aplikace v předmětech z materiálového inženýrství (Nauka o materiálu II, Nekomové materiály, Kompozitní materiály a další).



Obr. č. 8.: Zobrazení výsledků ankety.

V prostoru pro diskusní fóra byla otázka na účastníky ohledně dalších připomínek ke kurzu. Na toto fórum reagovalo 8 účastníků vesměs kladnými ohlasy a názory na probíhající výuku a testy. Vyskytla se i polemika na téma možnost opisování takto připravených testů.

V oddílu hlasování byla pro účastníky připravena otázka zda se jim prostředí líbí. Všichni mohli odpovídat pouze formu ano/ne. Po zvolení odpovědi byl jejich hlas

přidán do sloupcového grafu, který se jím objevil na monitoru. V této minianketě odpovědělo 8 účastníků kladně a žádný záporně (viz obr. č. 8).

7. ZÁVĚR

Využití počítače ve výuce nám dnes již připadá jako samozřejmost a už bychom si bez tohoto výtvarného moderní techniky společnost ani nedovedli představit. Výpočetní technika si našla cestu do mnoha odvětví lidské činnosti. To co bylo pro starší generace pouze jakousi „scifi“, zdá se být v dnešní době nenahraditelné. Proto je velmi důležité naučit se s novými informačními technologiemi pracovat a nebát se je používat.

Většina učitelů a studentů se staví k používání počítače velmi kladně. Vyučující, kteří používají počítač ve výuce podporují zvýšení motivace a vzrůst zájmu studenta o daný předmět. Přináší mu tak nové podněty a zavádějí moderní způsoby do výuky.

Tato práce je především zaměřena na představení jednoho zástupce z výukových programů a to na systém Moodle. Najedeme v ní popis postupu a podmínek k získání programu. Dále pak přehled jednotlivých funkcí programu, popis nastavení pracovní plochy a prostředí. Zvláštní kapitola je věnována zpracování dotazníků studenty a vyučujícími, kteří pracovali v tomto prostředí.

Studiem různých pramenů, které pojednávají o problematice aplikací softwaru a počítačové techniky při výuce vůbec, jsem došla k názoru, že využití této oblasti techniky ve školství je nejen možné, ale v důsledku vývoje vědy a techniky, dokonce nevyhnutelné. Využitím počítačové techniky se nám otevírají nové možnosti, jak zlepšit, zefektivnit a ozvláštnit často fádni vyučovací hodiny.

Z výsledků je patrné, jaká zkušenost by nejlépe podporovala učení z pohledu studenta a nebudeme se pak omezovat jen na zveřejňování informací a na stanovování, co mají studenti vědět. Tento systém umožňuje, aby každý účastník kurzu se mohl stát učitelem stejně tak jako žákem, i když v našem případě toto nebylo dovedeno do samého konce. To se stalo z důvodu ne právě snadnému zajištění místa na serveru s výukovým prostředím Moodle a z toho plynoucí časové tísně. Práce vyučujícího se může přesunout od role zdroje znalostí k roli někoho, kdo ovlivňuje, představuje model chování, navazuje se studenty osobní kontakt podle jejich individuálních studijních potřeb a upravuje diskuse a činnost skupiny tak, aby účastníky kolektivně vedly k naplnění studijních cílů celé skupiny.

System Moodle samozřejmě tento styl chování nevynucuje, ale právě takovou výuku podporuje nejlépe.

Věřím, že tato práce pomůže k popularizaci a většímu rozšíření podobných programů nejen do výuky Nauky o materiálu I a že tento program najde uplatnění i v jiných oborech a v neposlední řadě, že bude názorným příkladem pro přípravu učitele odborných předmětů na vyučování.

Použité zdroje

- [1] Černochová, M. - Komrska, T. - Novák, J.: Využití počítače při vyučování: náměty pro práci dětí s počítačem. Praha, Portál 1998.
- [2] Brdička, B.: Role internetu ve vzdělávání. Bořivoj Brdička 2003.
- [3] Chrástka, M.: Didaktické testy: příručka pro učitele a studenty učitelství. Brno, Paido 1999.
- [4] Nikl, J.: Didaktické aspekty technických výukových prostředků. Liberec, Technická univerzita v Liberci 2002.
- [5] Pluhař, J.: Nauka o materiálech. Praha, Státní nakladatelství technické literatury 1989.
- [6] Alaxin, J.: Nauka o materiálu. Liberec, Vysoká škola strojní a textilní 1989.
- [7] Sýkora, M.: Učebnice: Její úloha v práci učitele a ve studijní činnosti žáků a studentů. Praha, EM-Effect 1996.
- [8] Kohoutek, R.: Poznávání osobnosti dětí, mládeže i dospělých. Brno, Pedagogická fakulta MU, 2005 (online 13. 12. 2004). Dostupné z: <http://www.ped.muni.cz/wpsy/koh_met_pozn.htm>
- [9] Přibil, J.: Prostředí pro tvorbu strukturovaných učebních textů. Praha, Fakulta managementu VŠE, 2005 (online 12. 1. 2005). Dostupné z: <http://www.csvs.cz/publikace/lisalova_cd/Sbornik%20anotaci/Pribil.pdf>
- [10] Průch, J. – Míka, J.: Jak psát učební texty pro dospělé. Praha, Centrum pro studium vysokého školství, 2003 (online 12. 1. 2005). Dostupné z: <http://www.csvs.cz/publikace/ncdiv/Prirucka_UCEBNI_TEXTY_PM.pdf>
- [11] Mudrák, D.: Moodle dokumentace. Praha, Pedagogická fakulta UK, 2004 (online 21. 2. 2005). Dostupné z: <<http://moodle.cz/moodle/doc/>>
- [12] Fořt, P.: Jak na eLearning? Praha, Repair, 2004 (online 21. 2. 2005). Dostupné z: <<http://www.repair2000.cz/elearn.htm>>
- [13] Odehnalová, D.: Evidenční list studijního předmětu. Liberec, TUL 2004. 9s.

PŘÍLOHA Č. 1

Název předmětu: NAUKA O MATERIÁLU I

Fakulta: strojní

Druh studia: inženýrské, bakalářské

Studijní obor: základní studium - pro všechny obory

Předmět: povinný

Semestr: 1.

Rozsah: 2+2

Garant předmětu: Doc. Ing. Petr Louda, CSc.

Přednáší: Doc. Ing. Petr Louda, CSc., Ing. Daniela Odehnalová

PŘEDNÁŠKY

1. Úvod. Význam předmětu. Krystalová stavba kovů, pojmy krystalit, prostorová mřížka, uzlový bod. Vazby mezi atomy.
2. Krystalové mřížky a jejich poruchy. Základní druhy krystalových mřížek a jejich charakteristika. Poruchy krystalové stavby: bodové, čárové, plošné.
3. Vlastnosti materiálu - rozdělení. Fyzikální vlastnosti (elektrické, tepelné, magnetické).
4. Mechanické vlastnosti materiálů a jejich zkoušení. Napjatost a deformace. Význam, rozdělení, zkouška tahem, tlakem, ohybem, stříhem a krutem. Zpevnění a rekystalizace.
5. Technologické vlastnosti materiálů a jejich zkoušení. Zkoušky tvrdosti - rozdělení, zkouška dle Brinella, Vickerse, Rockwella, mikrotvrdost. Zkoušky defektoskopické.
6. Základy termodynamiky materiálů. Pojmy soustava, fáze, složka, rovnováha soustavy, Gibbsův zákon fází, vysvětlení a příklady.
7. Slitiny kovů - význam, křivky chladnutí. Pojem tuhý roztok, jeho základní vlastnosti a druhy TR. Základní typy binárních rovnovážných diagramů.
8. Základní typy binárních rovnovážných diagramů - pokračování, pákové pravidlo. Slitiny železa s uhlíkem.
9. Rovnovážný binární diagram Fe-C metastabilní. Vysvětlení pojmů austenit, ferit, ledeburit, perlit, primární, sekundární a terciární cementit.
10. Rovnovážný binární diagram Fe-C stabilní. Vysvětlení pojmů grafit, grafitové eutektikum, grafitový eutektoid.
11. Základy fázových přeměn ocelí v tuhém stavu: perlitická, bainitická, martenzitická.
12. Diagramy IRA, ARA. Základní typy ocelí a litin. Vliv doprovodných a legujících prvků na vlastnosti ocelí a litin.
13. Základy tepelného zpracování ocelí a litin. Žihání, kalení, popouštění. Základní charakteristika a druhy jednotlivých způsobů tepelného zpracování.
14. Charakteristika chemicko-tepelného zpracování ocelí - cementace, nitridace a další způsoby. Podmínky zpracování, vhodné materiály.

CVIČENÍ

1. Úvod. Organizace cvičení, bezpečnostní předpisy, požadavky na udělení zápočtu.

PŘÍLOHA Č. 1

2. Základy optické a elektronové mikroskopie. Příprava metalografických výbrusů. Praktická ukázka.
3. Krystalové struktury kovů. Nedokonalosti krystalové stavby. Základní pojmy.
4. Statická zkouška tahem. Praktické provedení a vyhodnocení tahové zkoušky. Referát.
5. Statické zkoušky tlakem, ohybem a stříhem.
6. Zkoušky tvrdosti. Praktické aplikace, mikrotvrdost.
7. Mechanické zkoušky dynamické, technologické. Praktické ukázky rázové zkoušky vrub.houževnatosti, zkoušek drátů a plechů. Test.
8. Rovnovážné diagramy. Pákové pravidlo. Gibbsův zákon fází.
9. Rovnovážný diagram Fe-C. Rozpadová schemata. Referát.
10. Transformační diagramy ocelí IRA,ARA, martenzitická a bainitická přeměna.
11. Vyhodnocování struktur po rovnovážném a nerovnovážném tepelném zpracování.
12. Tepelné a chemicko-tepelné zpracování ocelí a litin. Přehled a příklady.
13. T e s t.
14. Z á p o č e t.

LITERATURA :

PLUHAŘ, J. a kol.: Nauka o materiálech. SNTL Praha, 1989
ALAXIN, J. a kol.: Nauka o materiálu. Skripta VŠST, 1989

ZÁPOČET:

- 100% účast na cvičeních, příp.omluvenou neúčast lze nahradit po dohodě s vedoucím cvičení.
- Zpracování a odevzdání referátů v požadovaném termínu a kvalitě.
- Úspěšné absolvování obou písemných testů.

(V rámci předmětu Nauka o materiálu II se skládá zkouška zahrnující látku předmětu Nauka o materiálu I. K jejímu složení se požadují zápočty z obou těchto předmětů.)

2. CVIČENÍ

ZÁKLADY OPTICKÉ A ELEKTRONOVÉ MIKROSKOPIE

- nejčastěji používané metody
- zjišťování struktury kovových, popř. nekovových materiálů

OPTICKÁ MIKROSKOPIE:

slouží zejména k získání poznatků o druhu a povaze **mikrostruktury**, tzn. velikost a tvar zrn, druh fází a strukturních součástí, způsobu jejich vyloučení, atd.

ELEKTRONOVÁ MIKROSKOPIE:

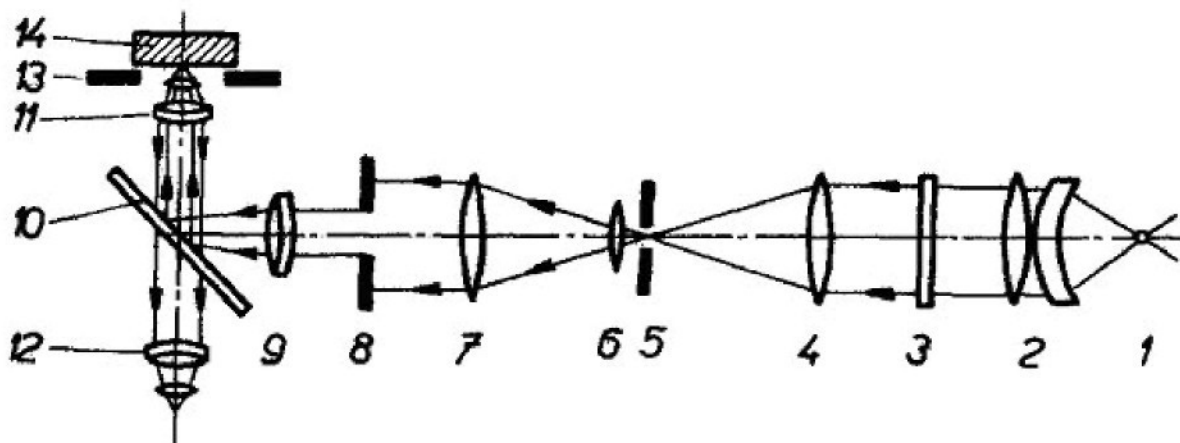
umožňuje i zkoumání **submikrostruktury**, tzn. počáteční stádium vzniku fází, hustotu a rozložení poruch krystalové mřížky, atd.

Obě metody se využívají rovněž k posouzení vzhledu lomových ploch vzorků nebo výrobků (**fraktografie**).

ZÁKLADY OPTICKÉ MIKROSKOPIE

Metalografický mikroskop

- je založen na pozorování v odraženém světle: světlo vysílané zdrojem (1) se odráží od planoparalelního skla, prochází objektivem a dopadá na vzorek. Plošky kolmé k optické ose, na niž se světelné paprsky odrážejí zpět do objektivu, se jeví světlé, prohlubně a rýhy, které odrážejí světlo mimo objektiv, jsou tmavé □ **pozorování ve světlém poli** (tato metoda se používá nejčastěji)
- můžeme pozorovat pouze povrch vzorků
- užitečné zvětšení až **1 500 : 1** (dalším zvětšováním se ve struktuře neobjeví nové detaily = prázdné zvětšení)



Obr.: Schéma průchodu světelných paprsků v metalografickém mikroskopu při pozorování ve světlém poli:

1 - zdroj světla, 2 - kolektor, 3 - tepelný filtr, 4 - čočka, 5 - aperturní clona, 6, 7, 9 - čočky osvětlovací soustavy, 8 - polní clona, 10 - planoparalelní sklíčko, 11 - objektiv, 12 - okulár, 13 - stolek mikroskopu, 14 - metalografický výbrus

HLAVNÍ ČÁSTI MIKROSKOPU: zdroj světla, objektiv, okulár

Zdroj světla

- měl by být bodový, monochromatický, dostatečně intenzivní:
 - žárovky (nizkovoltové) - používají se pro vizuální pozorování
 - výbojka - (větší intenzita záření než žárovka) používají se pro fotografování
 - obloukové lampy

Objektiv

- zajišťuje zvětšení a převrácený obraz povrchu vzorku, který je pak dále zvětšován **okulárem** až na rozlišovací schopnost lidského oka
 - čočkový objektiv je tvořen soustavou čoček a zobrazování je založeno na lomu světelného paprsku
 - reflexní objektiv (zrcadlový) - zobrazování je založeno na jeho odrazu
- Oba dva druhy objektivů se dále dělí podle prostředí mezi pozorovaným výbrusem a čelní čočkou objektivu na suché (vzduch) a imerzní (cedrový olej).

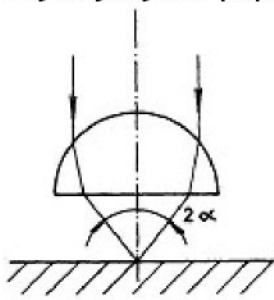
Číselná apertura

- je veličina, která rozlišuje dva objektivy se stejným zvětšením, ale rozdílných vlastností
- hodnota číselné apertury je dána vztahem:

$$A = n \cdot \sin \alpha$$

n - index lomu prostředí mezi objektivem a pozorovaným výbrusem (např. pro vzduch $n = 1$, pro cedrový olej $n = 1,52$)

α - úhel α je polovina otvorového úhlu objektivu, který je tvořen spojnicemi nejkrajnějších paprsků odražených od předmětu



Obr.: Otvorový úhel objektivu

Z rovnice vyplývá, že číselná apertura je tím větší, čím větší je index lomu **n** použitého prostředí a čím větší je úhel **α** .

$\alpha = 90^\circ$ je mezní hodnota úhlu α , tzn. tedy nejvyšší teoretickou hodnotu číselné apertury **A**:

pro suchý objektiv $A = 1$ ($A = 0,96$ - ve skutečnosti uváděna max. dosažitelná hodnota)

pro imerzní objektiv $A = 1,52$ ($A = 1,4$ - ve skutečnosti...).

$A < 1$ suchý objektiv

$A > 1$ imerzní objektiv - kápneme vodu, voda $n = 1,4$

Objektiv 6,3 x / 0,12 (0,12 = A, 6,3 x zvětšení)

Okulár

- je soustava optických čoček
- okulárem pozorujeme obraz vytvořený objektivem
- druhý stupeň zvětšení metalografického mikroskopu, zvětšuje obraz vytvořený objektivem až na hodnotu rozlišovací schopnosti lidského oka
- zvětšení okuláru bývají malá: 10x až 15x.

Celkové zvětšení:

$$Z = Z_{\text{obj}} \cdot Z_{\text{okul}}$$

Abbeho pravidlo - slouží k přibližnému odhadu velikosti užitečného zvětšení mikroskopu:

$$Z = (500 \div 1\,000) \cdot A$$

Užitečné zvětšení - můžeme ještě rozlišit další detaily struktury.

Prázdné zvětšení - dalším zvětšováním se ve struktuře neobjeví nové detaily, pouze se zvětší stávající.

Rozlišovací schopnost - nejmenší vzdálenost dvou bodů, které při pozorování mikroskopem můžeme ještě rozlišit:

$$d = \frac{\lambda}{A}$$

d - rozlišovací schopnost objektivu [μm] - co nejmenší

d = 0,2 mm pro lidské oko

d = 0,0001 mm pro optický metalografický mikroskop

λ - vlnová délka použitého světla [μm]

A - číselná apertura objektivu - co největší

Běžné pozorování se provádí v kolmém osvětlení, ale lze použít některé optické metody zvyšování kontrastu, je to např. šikmé osvětlení, pozorování v tmavém poli, v polarizovaném světle.

Příprava metalografických výbrusů

Nutno stanovit

- odkud odebrat vzorek,
- kolik vzorků,
- jakým způsobem.

Odběr

- nesmí dojít k změně struktury (deformace, ohřev)

Označení a preparace

- zajištění snadnější manipulace se vzorkem
- způsoby preparace: zalévání do dentacrylu, nebo zalisování do syntetické pryskyřice

Broušení

- úlohou je získání minimální povrchové nerovnosti vzorku
 - je charakterizováno úbytkem hmotnosti vzorku
 - **obrus** je množství materiálu odebraného při broušení za jednotku času [$\mu\text{m}/\text{min}$]
1. ruční - brusný papír (pohyb jedním směrem, při přechodu na jemnější papír se vzorek brousí ve směru kolmém na směr předcházející)
 2. mechanické - metalografické brusky (vzorek přitlačujeme na brusný papír, který je uchycen na rotujícím vodorovném kotouči; brousíme většinou za mokra pod vodou, což dovoluje vyšší rychlost pohybu brusného papíru; i v tomto případě při přechodu na jemnější papír se vzorek brousí ve směru kolmém na směr předcházející; po broušení se vzorek oplachuje vodou a lihem)

Leštění

- vždy na rotujícím kotouči potaženém látkou (samet, kord, flanel, satén...) za pomoci leštící suspenze (oxid hlinitý Al_2O_3 , oxid chromitý Cr_2O_3 , oxid hořečnatý MgO). (vzorečkem pohybujeme proti směru otáčení kotouče, až dosáhneme zrcadlového lesku, opláchneme a osušíme), po vyleštění lze provádět některá metalografická pozorování na mikroskopu (u litin je to např. zjišťování tvaru, velikosti a rozložení grafitu a jeho množství; u ocelí zjišťujeme přítomnost nekovových vměstků)

Leptání

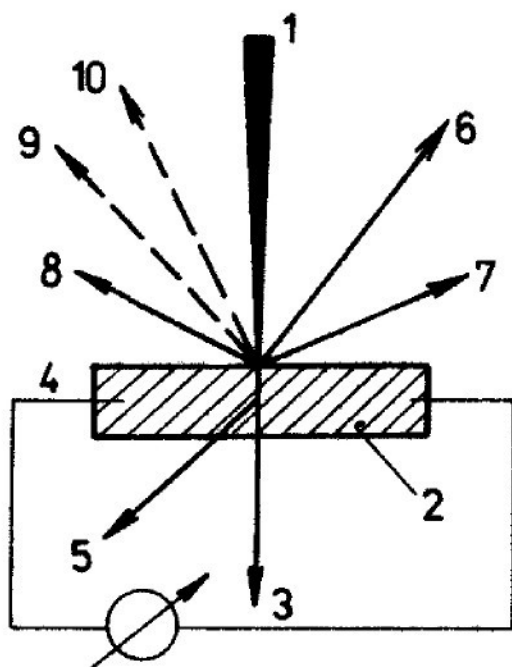
- zviditelnění struktury
1. chemické - chemické činidlo (leptadlo): vzorek ponoříme do leptadla, nebo se leptadlo nanáší na vzorek vatovým tamponem a potírá se; leptáme kratší dobu a několikrát (dlouhé leptání je otázkou zkušenosti), pak vzorek důkladně opláchneme (voda + alkohol) a osušíme proudem vzduchu
 2. elektrolytické

ZÁKLADY ELEKTRONOVÉ MIKROSKOPIE

Elektronová mikroskopie

- dochází k mnoha fyzikálním jevům, jako jsou odraz, rozptyl, absorpce a transmisie (optické propouštění záření hmotným prostředím) primárních elektronů, přeměna jejich energie v záření různé povahy.

Obr.: Některé fyzikální jevy vyvolané interakcí svazku urychlených



**primárních elektronů
s materiálem vzorku:**

- 1 - svazek primárních elektronů,
- 2 - vzorek, elektrony:
- 3 - prošlé,
- 4 - absorbované,
- 5 - rozptýlené,
- 6 - odražené,
- 7 - sekundární,
- 8 - Augerovy,
- 9 - rentgenové záření charakteristické,
- 10 - rentgenové záření spojitě

TEM - Transmisní elektronová mikroskopie

- využívá elektrony procházející vzorkem

REM - Řádkovací (rastrovací) elektronová mikroskopie

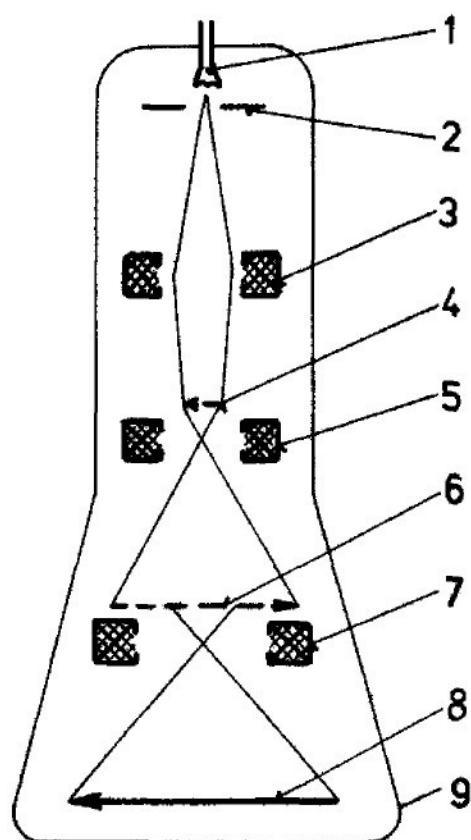
- využívá emise sekundárních elektronů a primární odražené elektrony

Výsledkem interakce primárních elektronů s vázanými elektrony atomu zkoumaného vzorku může být také vznik rentgenového záření nebo emise Augerových elektronů, které se využívají k **lokální elektronové mikroanalýze**.

TEM - Transmisní elektronová mikroskopie

- svazek elektronů urychlený v potenciálovém poli mezi katodou a anodou prochází kondenzorem, pozorovaným vzorkem, objektivem a projektorem, konečný obraz se pozoruje na fluorescenčním stínítku, nebo se zachytí na fotografickou desku
- obvykle pracují s urychlovacím napětím 100 kV
- dosahují rozlišovací schopnosti až 0,15 nm
- tloušťka vzorku 50 až 200 nm
- zvětšení mikroskopu 5 000:1 až 50 000:1 (u špičkových přístrojů až 1 000 000:1).

Zvyšováním urychlovacího napětí se zkracuje vlnová délka elektronů a zvětšuje se rozlišovací schopnost mikroskopu.



Obr.: Schéma průchodu elektronů v transmisním elektronovém mikroskopu:

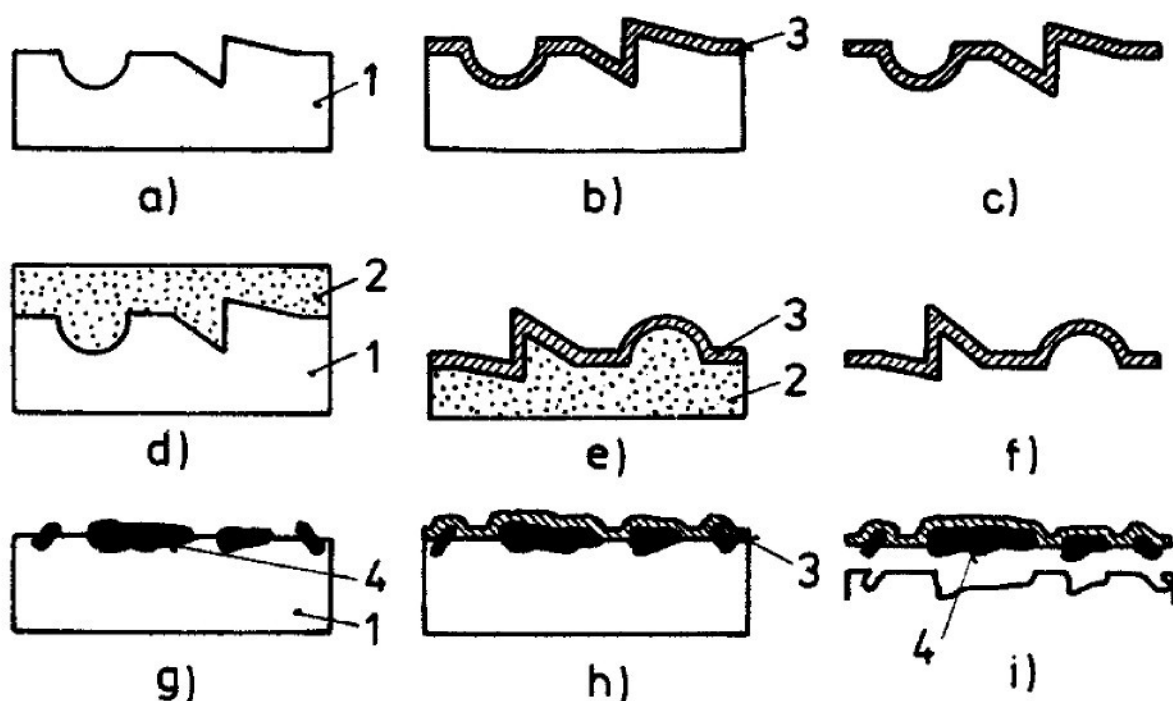
- 1 - zdroj elektronů - katoda,
- 2 - anoda,
- 3 - kondenzor,
- 4 - vzorek,
- 5 - objektiv,
- 6 - obraz vytvořený objektivem,
- 7 - projektor,
- 8 - obraz na fluorescenčním stínítku,
- 9 - tubus mikroskopu

Pracuje se technikou: otisků, kdy je povrch vzorku zkoumán nepřímo (prostřednictvím otisku), nebo technikou tenkých kovových fólií připravených ze zkoumaného materiálu.

Otisky jsou preparáty tloušťky obvykle do 30 nm, sejmuté z povrchu naleptaného masivního vzorku a přesně kopírující reliéf povrchu, mohou být

- jednostupňové (např. uhlíkové nebo kolodiové)
- dvojestupňové (např. kolodium-uhlíkové)
- extrakční (zkoumání jemnozrnných fází), jsou vhodným postupem přípravy zachytí (extrahují) se v něm z naleptaného povrchu jemné disperzní částice sekundární fáze.

Technika tenkých kovových fólií umožňuje pozorovat velmi jemné semikoherentní, popř. koherentní precipitáty v počátečním stadiu jejich vzniku a získat představu i o stavu substruktury jednotlivých fází, což nepřímá metoda otisků nedovoluje (získáme informace o druhu, hustotě a rozložení poruch krystalové mřížky).



Obr.: Schéma přípravy otisku pro elektronovou mikroskopii:

- a-c: jednostupňový uhlíkový otisk
 - a) naleptaný vzorek;
 - b) nanesená vrstva uhlíku (napařením);
 - c) sejmutý uhlíkový otisk;
 - d-f: dvoustupňový kolodium-uhlíkový otisk
 - d) na vzorek nanesená vrstva kolodia;
 - e) sejmutý kolodiový otisk s napařenou vrstvou uhlíku;
 - f) uhlíkový otisk získaný rozpuštěním kolodia;
 - g-i: extrakční uhlíkový otisk
 - g) vzorek naleptaný (silněji) k obnažení částic sekundární fáze;
 - h) napařená vrstva uhlíku;
 - i) dalším leptáním vzorku uvolněné sekundární částice zachycené v uhlíkovém otisku
- 1 - vzorek; 2 - kolodium; 3 - uhlík; 4 - sekundární částice.

REM - Řádkovací (rastrovací) elektronová mikroskopie

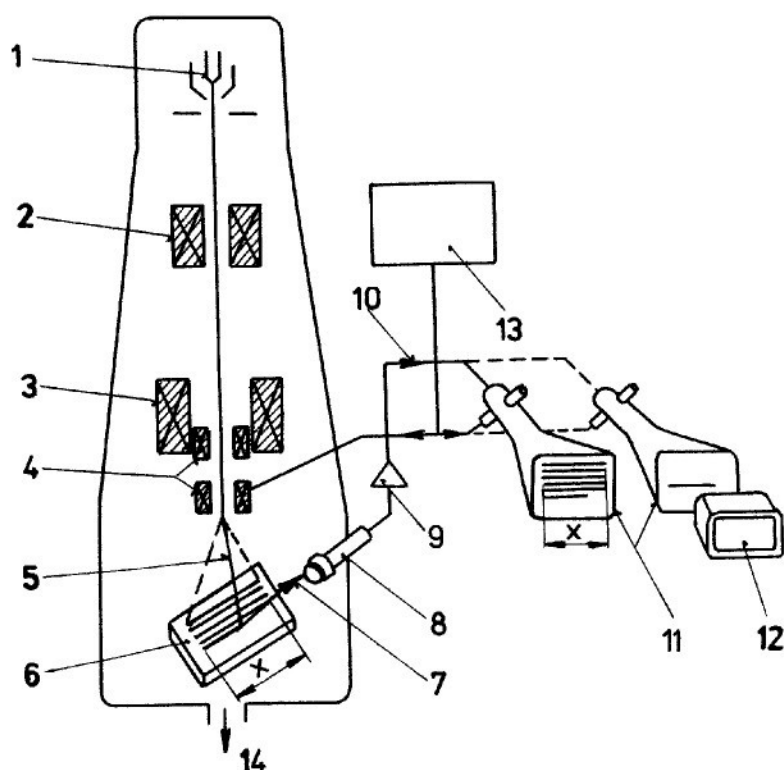
- svazek primárních elektronů prochází elektronovou optickou soustavou a cívkami řádkovacího systému je vychylován tak, že řádek po řádku přejíždí vymezenou plochou povrchu vzorku a v každém bodě povrchu dochází k zmíněným fyzikálním jevům, následně z detektoru se zachycený signál přenáší na pozorovací obrazovku
- čím je úhel dopadu primárního svazku vzhledem k normále pozorované plošky menší (šikmé plošky), tím je emise sekundárních elektronů silnější a ploška se na obrazovce jeví světlejší; plošky k primárnímu svazku kolmé se zobrazí tmavší

PŘÍLOHA Č. 2

- obvykle pracují s urychlovacím napětím 10 až 50 kV
- dosahují rozlišovací schopnosti 7 až 10 nm
- zvětšení mikroskopu je volitelné od 15:1 až 20 000:1.

Přednost REM

- značná hloubka ostrosti obrazu, ve srovnání se světelnou mikroskopií až 3 000x větší.
- velikost vzorku $\varnothing 75 \times 20$ mm
- podává informace o charakteru lomové plochy...



Obr.: Schéma řádkovacího elektronového mikroskopu:

- 1 - zdroj elektronů,
- 2 - kondenzor,
- 3 - objektiv,
- 4 - vychylovací cívky řádkovacího systému,
- 5 - paprsek primárních elektronů,
- 6 - vzorek,
- 7 - sekundární elektrony,
- 8 - detektor sekundárních elektronů,
- 9 - zesilovač,
- 10 - obrazový signál,
- 11 - obrazovka,
- 12 - fotokamera,
- 13 - generátor řádkovacího systému,
- 14 - vakuový systém.

3. CVIČENÍ

KRYSTALOVÉ STRUKTURY KOVŮ

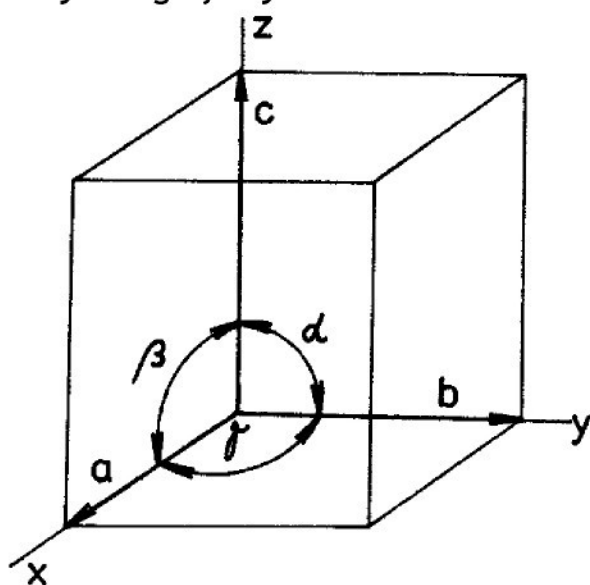
Základní pojmy:

postorová mřížka - vychází z určitého bodu, jeho počátku a postupuje ve třech směrech po krocích o velikostech a , b , c ; tím se vytyčí určité body, zvané **uzlové body** - prostorová mřížka je souborem uzlových bodů v prostoru (v rámci krystalu)

elementární buňka - nejmenší část prostorové mřížky, která se periodicky opakuje (uzly po 1 kroku)

mřížkové parametry a , b , c - délky hran elementární buňky v směru souřadných os; podle velikosti uhlů α , β , γ mezi nimi a vzájemném poměru délky mřížkových parametrů rozdělujeme krystalické látky do

7 krystalografických soustav



Obr.: Základní krystalová buňka v romboické mřížce:

3 osy; $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$; $a \neq b \neq c$.

7 krystalografických soustav:

kubická	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$;	$a = b = c$
tetragonální	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$;	$a = b \neq c$
hexagonální	$\alpha = \beta = 90^\circ$; $\gamma = 120^\circ$;	$a_1 = a_2 = a_3 \neq c$
romboická	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$;	$a \neq b \neq c$
monoklinická	$\alpha = \beta = 90^\circ$; $\gamma \neq 90^\circ$;	$a \neq b \neq c$
triklinická	$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$;	$a \neq b \neq c$
trigonální	$\alpha \neq \beta \neq \gamma$;	$a = b = c$

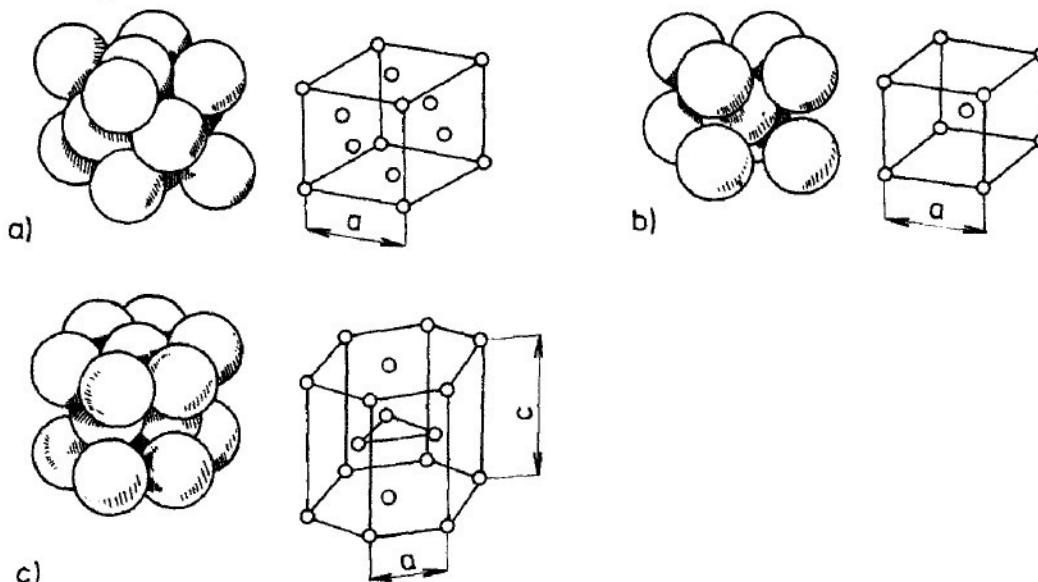
Podle způsobu centrování: **14 typů prostorových mřížek** = Bravaisovy mřížky

Způsob centrování

- prostá mřížka (kubická, tetragonální, romboická, monoklinická)
- prostorově centrovaná (kubická, tetragonální, romboická)
- plošně centrovaná (kubická, romboická)
- bazálně centrovaná (romboická, monoklinická)

Nejčastěji se u kovových soustav vyskytují mřížky

- kubická: prostorově centrovaná nebo plošně centrovaná
- hexagonální: těsně uspořádaná
- tetragonální



Obr.: Základní krystalové buňky nejčastějších mřížek kovů (model a schéma):

- a) krychlová plošně centrovaná,
- b) krychlová prostorově centrovaná,
- c) šesterečná těsně uspořádaná.

Doplňkové charakteristiky: počet částic na elementární buňku, koeficient plnění a koordinační číslo.

Koeficient plnění je procentuální obsazení prostoru elementární buňky různými částicemi:

$$p = N \cdot V_1 / V$$

N - počet částic

V₁ - objem 1 částice

V - objem elementární buňky.

Koordinační číslo - vyjadřuje symetrii zaplnění elementární buňky a je dáno počtem nejbližších částic.

Kubická (krychlová) mřížka

- planicentrická (plošně centrovaná) - 14 částic
- stereocentrická (prostorově centrovaná) - 9 částic

$\frac{1}{8} * 8 + \frac{1}{2} * 6 = 4$ tj. jedné elementární buňce s planicentrickým uspořádáním odpovídají 4 částice

$\frac{1}{8} * 8 + 1 = 2$ tj. jedné elementární buňce se stereocentrickým uspořádáním připadají 2 částice.

Typ krystalické mřížky výrazně ovlivňuje některé vlastnosti kovů, např. tvárnost. Nejlepší tvárnost za tepla i za studena mají kovy s kubickou plošně centrovanou mřížkou (Ni, Cu, Al, Ag, Pb, Au).

NEDOKONALOSTI KRYSTALOVÉ STAVBY

Druhy krystalů:

- monokrystaly

vláknové - blíží se vlastnostmi ideálním krystalům, pevnost téměř ideální, malý počet poruch, $\varnothing$ několik μm , délka = cm.

masivní - $\varnothing$ víc než 1 cm, složeny z bloků, orientace odchýlená o minuty, či sekundy

- polykrystaly

Poruchy:

1. chemické - příměsi v čistém kovu

2. elektrické - projevují se odchylkami od periodického průběhu elektrického potenciálu

3. strukturní:

a) *bodové*: I. vakance

II. substituce

III. *intersticiály* - vlastní nebo nevlastní

b) *čárové (dislokace)*: I. hranové

II. šroubové

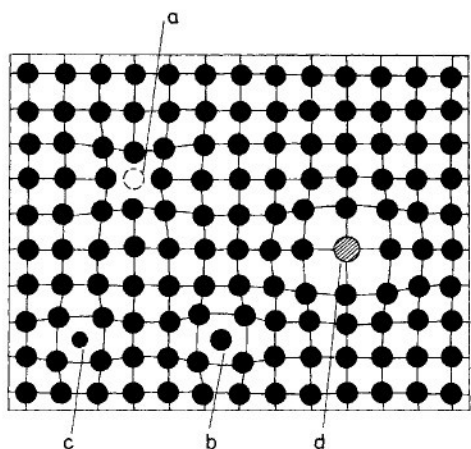
c) *plošné*

Bodové poruchy

vakance: prázdné (neobsazené) uzlové body mřížky

substituce: atomy příměsových prvků umístěné v uzlovém bodě mřížky, kde nahrazují základní mřížkový atom

intersticiály: atomy umístěné v mezimřížkové (intersticiální) poloze



Obr.: Druhy bodových poruch:

a - vakance,

b - vlastní intersticiál,

c - intersticiál příměsi,

d - substituční atom příměsi.

Čárové poruchy

- nebo-li **dislokace**, jsou poruchy, které probíhají mřížkou podél určité čáry a lze je považovat za jednorozměrné

- 2 základní druhy dislokací:

dislokace hranové $\mathbf{b} \perp$

dislokace šroubové $\mathbf{b} \parallel$

- o charakteru dislokací rozhoduje vektor vzájemného posunutí - **Burgersův**

vektor $\mathbf{b}$ - a jeho poloha vůči tomuto rozhraní, tedy vůči dislokační čáře;

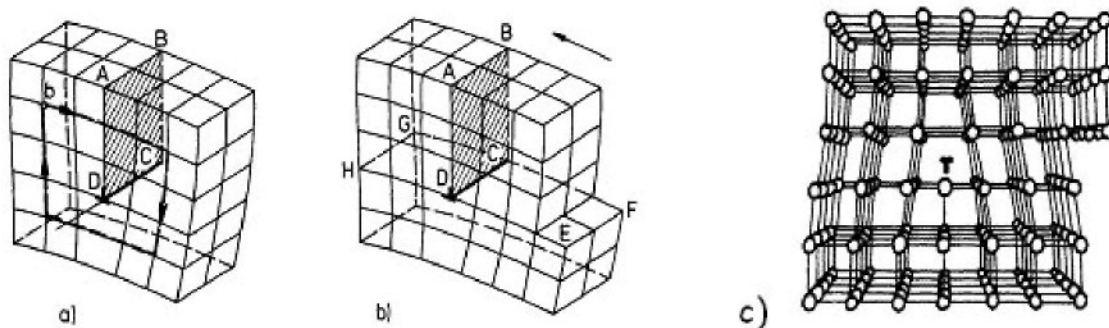
podle úhlu, který svírá Burgersův vektor s dislokační čarou poznáme, zda jde o dislokaci hranovou, nebo šroubovou

- Burgersův vektor je roven nejkratší vzdálenosti atomů v neporušené mřížce

Pohyb dislokací

- skluzový

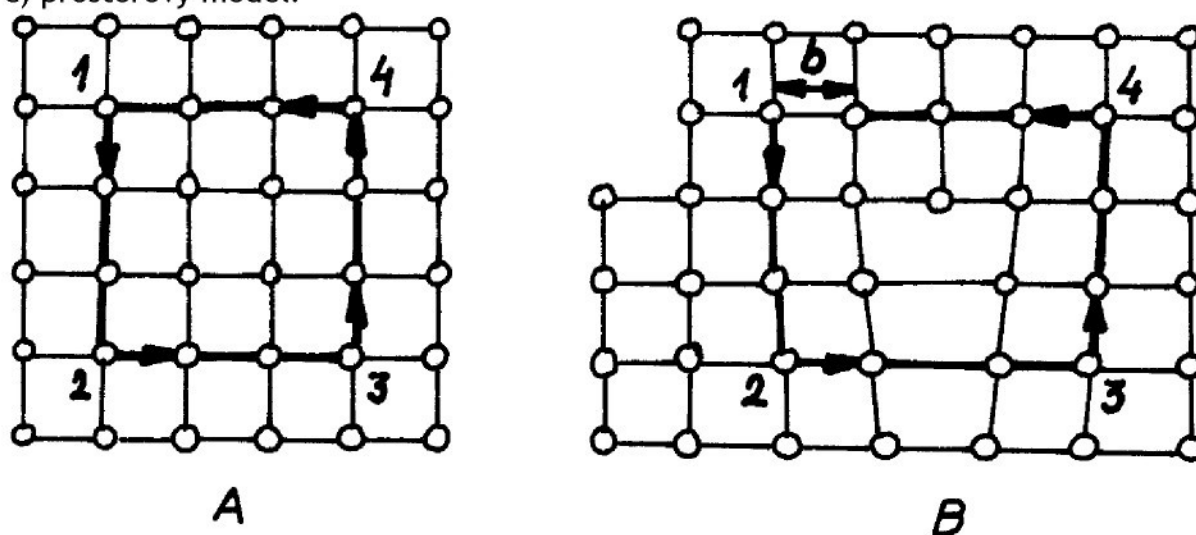
- difúzní (lezení, šplhání)



Obr.: Modely hranové dislokace:

a), b) postup určení Burgersova vektoru $\mathbf{b}$

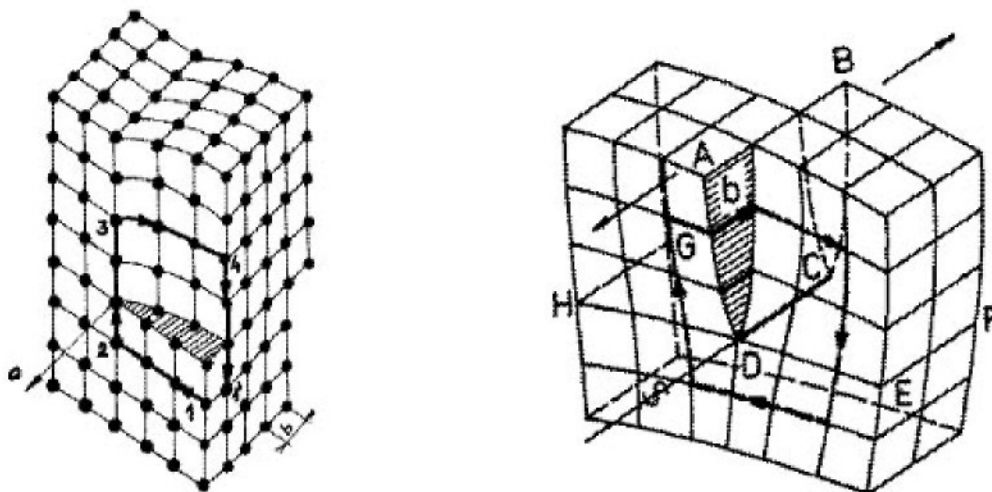
c) prostorový model.



Obr.: Burgersova smyčka:

A) mřížka bez poruch,

B) mřížka s hranovou dislokací ($\mathbf{b}$ - Burgersův vektor).



Obr.: Model šroubové dislokace a určení jejího Burgersova vektoru b .

Hustota dislokací:

$$\rho = \frac{\sum L}{V} = \frac{n}{S} [m^{-2}]$$

ΣL - celková délka dislokačních čar

V - objem

n - počet dislokací protínajících jednotku plochy S

Materiál: velmi poškozený
namáhaný
vyžíhaný
monokrystal
monokrystal polovodičů

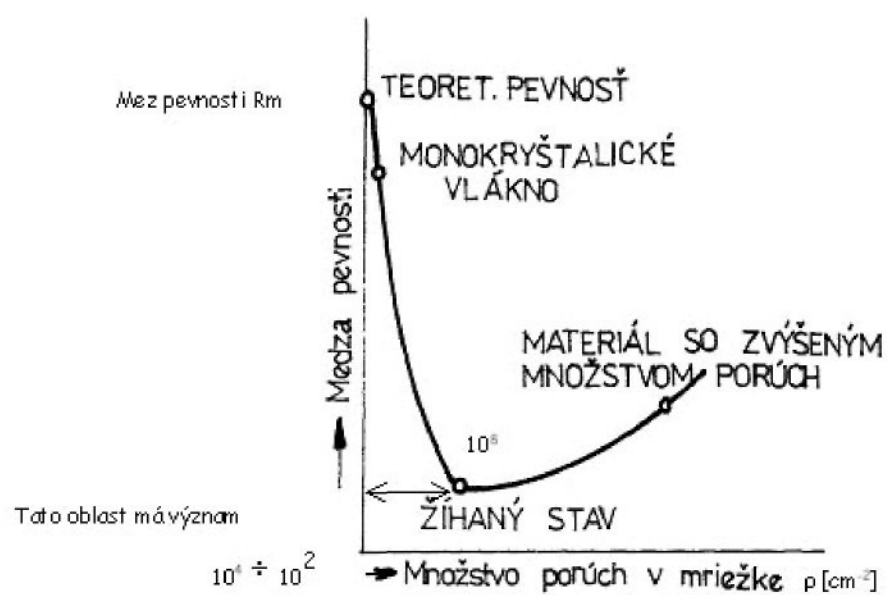
Hustota dislokací ρ [cm^{-2}]: 10^{13}
 $10^{12} \div 10^{11}$
 10^8
 $10^7 \div 10^6$
 $10^4 \div 10^2$

Plošné poruchy

vstevné chyby: jsou poruchy v pravidelnosti vrstvení krystalografických rovin (některá krystalografická rovina v mřížce pozůstávající z vrstvení různě obsazených rovin chyby)

hanice zrn: odděluje zrna téže fáze s různou orientací mřížky, nebo zrna různých fází, lišící se navíc typem a parametry mřížky

hanice podzrn: hranice mezi oblastmi s pravidelnou orientací krystalické mřížky; subzrna - části zrna natočené navzájem o malé úhly, představujeme si je jako dislokační stěny (dislokace uspořádané nad sebou).



Obr.: Závislost pevnosti na hustotě poruch krystalické mřížky.

4. CVIČENÍ

ROZDĚLENÍ MECHANICKÝCH ZKOUŠEK

I. podle charakteru zatěžování

- a) statické
- b) dynamické

II. podle zjišťované vlastnosti či souborů vlastností

- a) zkoušky pevnostních vlastností
- b) zkoušky tvrdosti
- c) zkoušky únavy...

III. podle druhu namáhání

- a) zkoušky tahové
- b) zkoušky tlakové
- c) zkoušky ohybu...

IV. podle teploty a prostředí.

Statické zkoušky

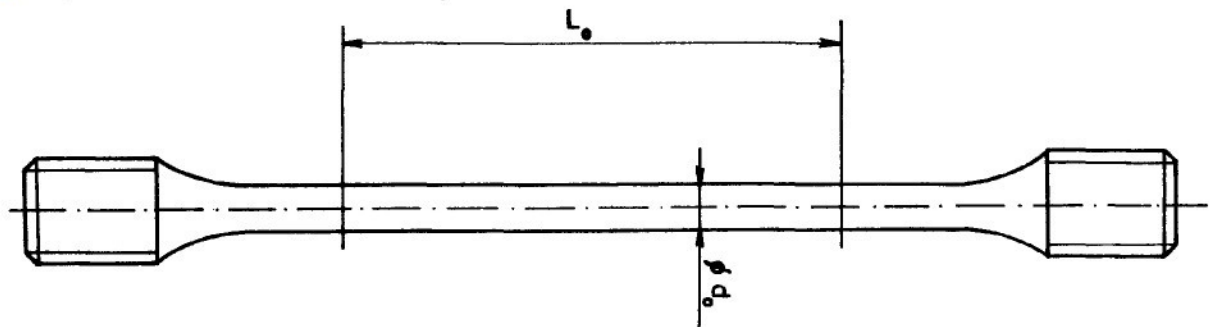
- hodnotí chování materiálu za působení stálých, nebo pomalu spojitě se měnících sil
- zkušební těleso se zatěžuje zpravidla jen jednou, a to až do porušení
- podle druhu namáhání jde o zkoušku *tahem*, *tlakem*, *ohybem*, *krutem* nebo *stříhem*.

STATICKÁ ZKOUŠKA TAHEM

ZKOUŠKA TAHEM - ČSN 42 0310 - 78

Zkušební těleso

- tyč:
- a) kruhový průřez
- b) čtyřhranný průřez
- tyče:
- a) dlouhé $L_0 = 10d$
- b) krátké $L_0 = 5d$
- L_0 - výchozí délka zkušební tyče
- d - průměr válcové zkušební tyče.



Obr.: Tyč pro zkoušku tahem.

Prodloužení tyče:

$$\Delta L = L - L_0$$

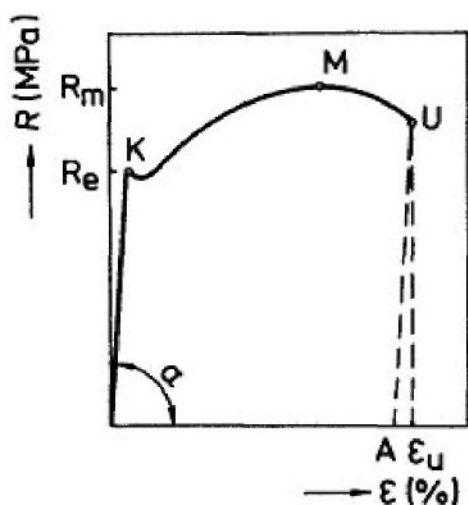
Poměrné prodloužení:

$$\varepsilon = \frac{L - L_0}{L} \cdot 100 \text{ (‰)}$$

L - je měřená délka tyče v daném okamžiku zatěžování.

Smluvní napětí:

$$R = \frac{F}{S_0} \text{ (MPa)} \quad \sigma = E \cdot \varepsilon$$



Obr.: Pracovní diagram zkoušky tahem měkké uhlíkové oceli.

R_e - mez kluzu

R_p - smluvní mez kluzu - odpovídá trvalé deformaci 0,2% z délky L_0

R_a - mez úměrnosti

R_m - mez pevnosti

R_{he} - horní mez kluzu

R_{de} - dolní mez kluzu

E - modul pružnosti

Počáteční přímkový úsek přísluší pružné deformaci a vyjadřuje úměrnost napětí a deformace podle Hookeova zákona.

Další část diagramu až do přetržení tyče (bod U) souvisí s plastickou deformací a deformačním zpevněním.

Tažnost: poměr prodloužení měřené délky tyče po přetržení k počáteční měřené délce vyjádřený v %

$$A = \frac{L_U - L_0}{L_0} \cdot 100 \text{ (‰)}$$

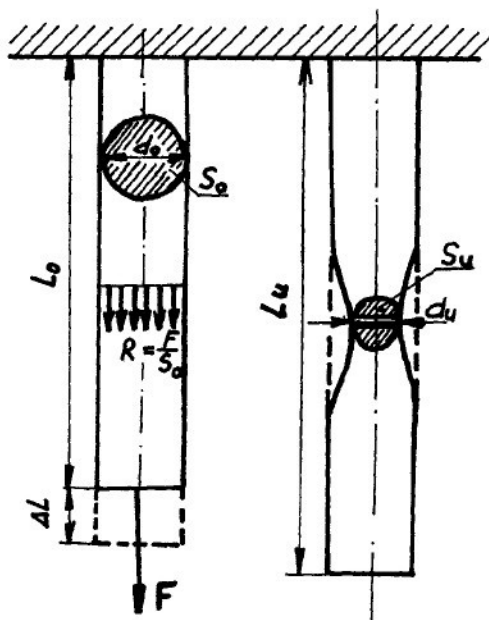
L_U - konečná délka zkušební tyče po přetržení.

Kontrakce (poměrné zúžení): poměr rozdílu počátečního a nejmenšího průřezu zkušební tyče po přetržení k počátečnímu průřezu vyjádřený v %

$$Z = \frac{S_0 - S_U}{S_0} \cdot 100 \text{ (‰)}$$

S_U - nejmenší plocha příčného průřezu zkušební tyče po přetržení,

S_0 - původní průřez zkušební tyče.

Princip statické zkoušky tahem

Obr.: Princip statické zkoušky tahem.

Tyč s původní délkou L_0 a průřezem S_0 zatěžujeme statickou silou F .

Vnější síla vyvolá napětí

$$R = \frac{F}{S_0}$$

Jde o smluvené napětí, protože skutečné napětí je:

$$\sigma = \frac{F}{S}$$

kde S je skutečný průřez tyče.

Při větším zatížení se u tvárných materiálů zkušební tyč zužuje $S < S_0$, proto $\sigma > R$.

Síla F vyvolá prodloužení ΔL .

V průběhu zkoušky se automaticky zaznamenává pracovní diagram $\Delta L - F$.

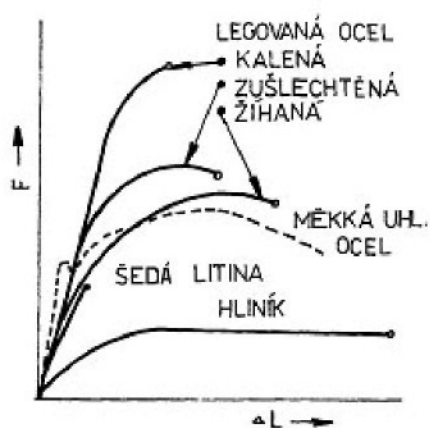
Po ukončení se měří:

L_u - délka po přetržení,

d_u - průměr po přetržení,

a určí se:

S_u - průřez po přetržení.

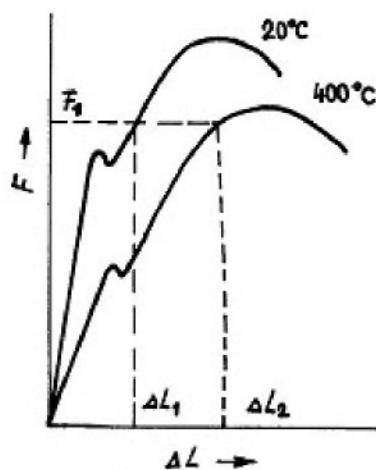


a)

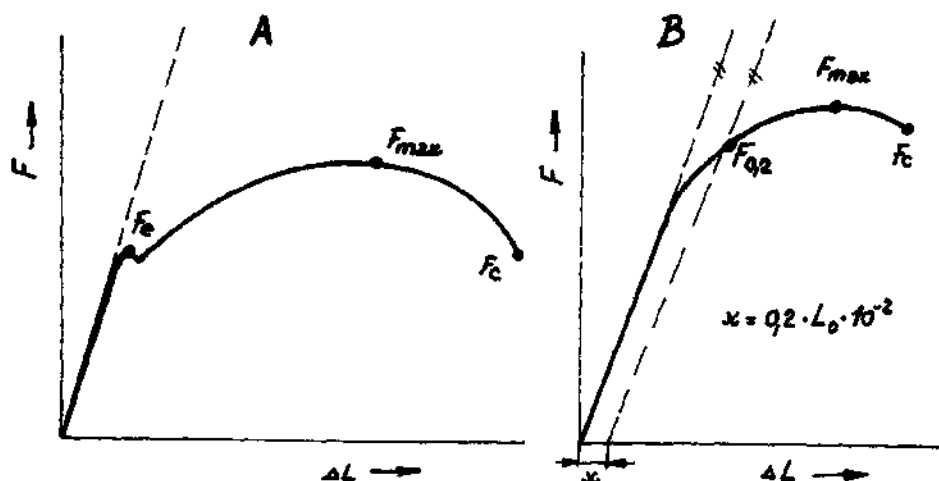
Obr.: Pracovní diagramy zkoušky tahem:

a) pro různé materiály,

b) pro různé teploty.



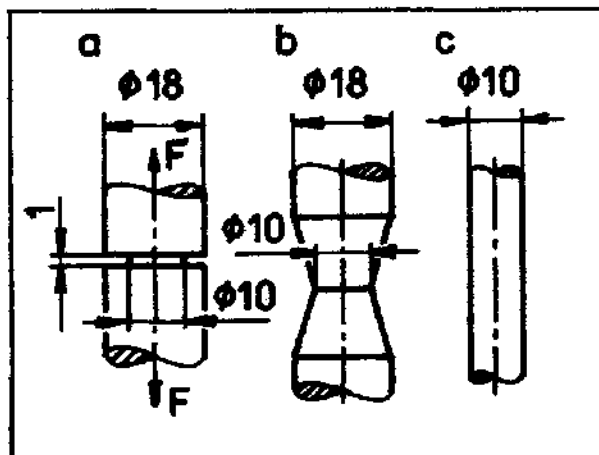
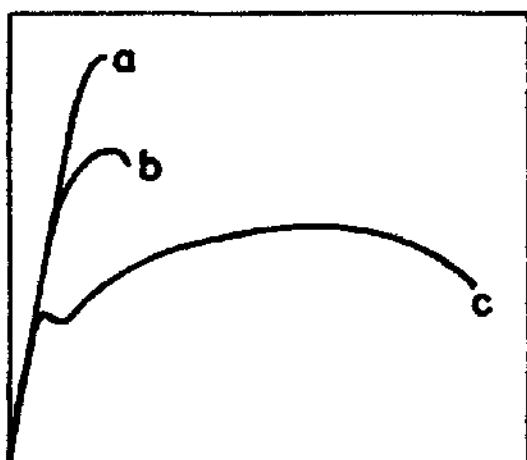
b)



Obr.: Pracovní diagramy zkoušky tahem:

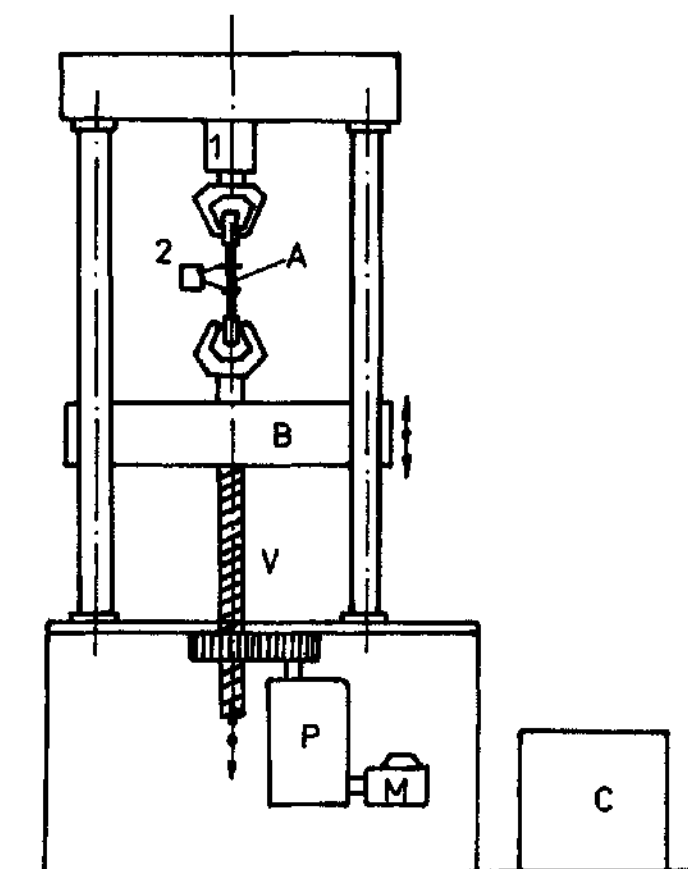
A) s mezou kluzu,

B) bez výraznej meze kluzu.



Obr.: Vliv tvaru zkušební tyče na pracovní diagramy zkoušky tahem měkké uhlíkové oceli.

Nepříznivou prostorovou napjatost vyvolávají místní koncentrace napětí např. vruby a náhle změny tvaru. S rostoucím vrubovým účinkem se mění tvar pracovního diagramu zkoušky tahem - zvětšuje se mez kluzu a pevnost a zmenšuje se tažnost. Ke křehkému porušení bez větší plastické deformace přispívá i účinek vnitřních vad (vměstky, technologické vady), nevhodný tvar dílce, náhlé změny zatížení, nízké pracovní teploty, teplotní gradienty a další činitelé.



Obr.: Mechanický trhací stroj s ručním ovládáním:

1 - indukční snímač síly,

2 - indukční průtahoměr,

A - vzorek,

B - příčnick,

C - ovládání,

V - vřeteno,

P - převodovka,

M - motor.

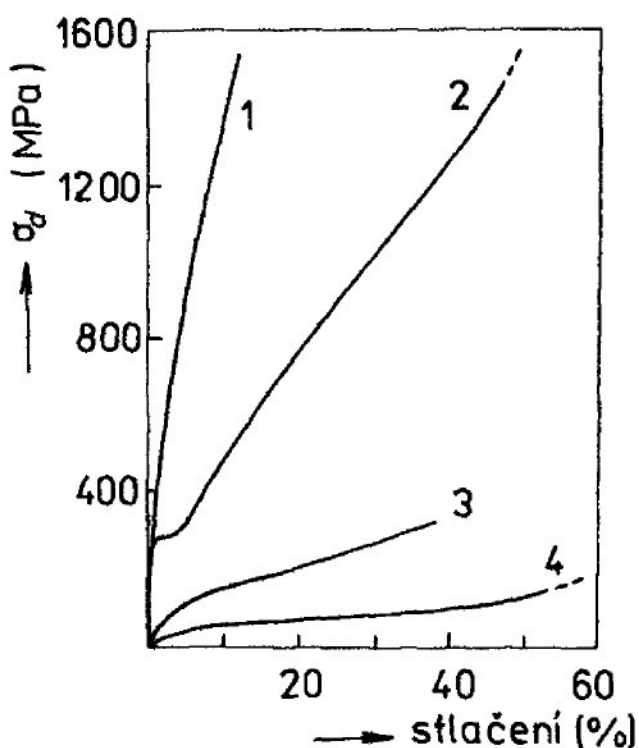
5. CVIČENÍ

STATICKÁ ZKOUŠKA TLAKEM

především pro křehké materiály (stavební hmoty, ložiskové kovy, šedá litina...)

Zkušební tělesa

- válečky o průměru 20 až 30 mm stejné výšky
- postupně se zatěžují až dosáhnou určité deformace, nebo až do rozdrčení.



Obr.: Příklady pracovních diagramů zkoušky tlakem:

1 - šedá litina, 2 - měkká ocel, 3 - zinek, 4 - olovo.

Litina se poruší v podstatě bez trvalé deformace (těleso se rozdrtí), kdežto u tvárných kovů se přetvoření zkušebního tělesa trvale zvětšuje a k porušení vůbec nedojde.

Pevnost v tlaku:

$$R_{mt} = \frac{F_{\max}}{S_0} (\text{MPa})$$

$F_{\max}$ - max. zátěžná síla,

S_0 - průřez tělesa před zkouškou

- určí se pouze při porušení tělesa.

Poměrné zkrácení:

$$\varepsilon_t = \frac{h_0 - h}{h_0} \cdot 100 (\%)$$

Poměrné příčné rozšíření:

$$\psi_t = \frac{S - S_0}{S_0} \cdot 100 (\%)$$

h_0, h - měrná výška počáteční a po zatížení,

S_0, S - průřez zkušebního tělesa počáteční a po zatížení.

STATICKÁ ZKOUŠKA OHYBEM

pro hodnocení křehkých materiálů a pro svarové a spájené spoje, pro houževnaté materiály, u nichž k porušení ohybem nedochází, se zkouška neuplatňuje.

Zkušební tělesa

- většinou kruhového průřezu
- uložena na dvou podporách se zatěžují uprostřed plynule rostoucí silou až do porušení
- zjišťuje se pevnost v ohybu R_{mo} a průhyb tyče, které odpovídají porušení.

Pevnost v ohybu:

$$R_{mo} = \frac{M_{o \max}}{W_o} (MPa)$$

W_o - je modul průřezu
pro kruhový průřez je

$$W_o = \frac{\pi \cdot d^3}{32} (mm^3),$$

pro obdélníkový

$$W_o = \frac{b \cdot h^2}{6} (mm^3)$$

M_o - ohybový moment

$$M_{o \max} = \frac{F_{\max} \cdot L}{4} (N \cdot mm)$$

d - průměr kruhové zkušební tyče,

b - šířka,

h - výška tyče obdélníkového průřezu,

$F_{\max}$ - maximální dosažená zátěžná síla,

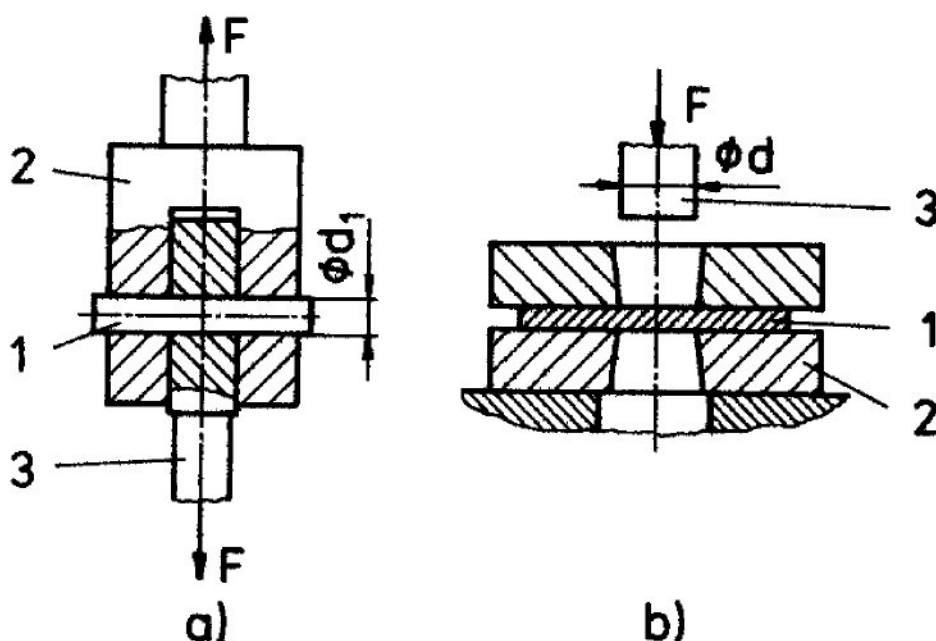
L - vzdálenost podpor.

Zkoušky ohybem se užívá u šedé litiny, kde se z průhybu tyče usuzuje i na houževnatost. Zkušební tyče se volí podle normy, tyče jsou neobrobené, pouze očištěné. Vzdálenost podpor bývá 20d.

STATICKÁ ZKOUŠKA STŘIHEM

většina strojních dílců je namáhána zároveň normálovými i smykovými napětími, v některých případech, např. u nýtů, šroubů, spojovacích klínů převládá smykové napětí a bylo by účelné ověřovat jejich odolnost proti porušení při smykovém namáhání (ideálního smyku nelze dosáhnout, neboť vždy k němu přistupuje ohybové napětí a vzniká stříh).

- není běžnou zkouškou, univerzální zkušební stroje



Obr.: Přípravky pro zkoušku stříhem:

pro tyče kruhového průřezu 1 - zkušební tyč, 2 - vidlice, 3 - táhlo,
pro plechy 1 - zkušební plech, 2 - střížnice, 3 - střížník.

ZKOUŠKA KRUTEM

zvláštní stroje, kde se zkušební tyč kruhového průřezu na jednom konci pevně upne a zatěžuje se na druhém konci krouticím momentem až do porušení

Pevnost v krutu:

$$R_{mk} = \frac{M_{k \max}}{W_k} (\text{Mpa})$$

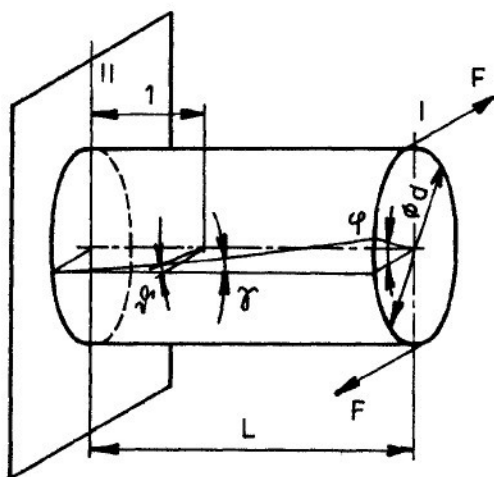
$$M_k = F \cdot d, \quad W_k = \frac{\pi \cdot d^3}{16}$$

M_k - kroutící moment

W_k - průřezový modul

d - průměr zkušební tyče,

F - síla vyvolávající kroutící moment.



Obr.: Znázornění poměrů při zkoušce krutem.

Při kroucení tyče se natočí průřez I na délce L proti průřezu II o úhel φ .

Poměrné zkroucení - na jednotku délky tyče je:

$$\nu = \frac{\varphi}{L}$$

Poměrné posunutí

- povrchového vlákna zkos γ na válcové tyči o průměru $d = 2r$ je dáno vztahem:

$$\gamma \cdot L = \varphi \cdot r \quad \gamma = \frac{\varphi \cdot r}{L}$$

V oblasti pružných deformací (platnost Hookeova zákona) musí být

$$\tau = \gamma.$$

Modul pružnosti ve smyku

$$G = \frac{\tau}{\gamma} (\text{MPa})$$

Křehké materiály se poruší již při malém poměrném zkroucení, kdežto houževnaté se porušují po několika otáčkách.

6. CVIČENÍ

ZKOUŠKY TVRDOSTI

Tvrdość

- odpor proti vnikání cizího tělesa do povrchu zkoušeného materiálu
- posuzujeme ji podle velikosti stopy, která vznikla vtlačováním tělesa vhodného tvaru (kulička, kužel, jehlan) z dostatečně tvrdého materiálu (kalená ocel, slinutý karbid, diamant) do zkoušeného vzorku určitou silou za definovaných podmínek.

Zkoušky tvrdosti se člení na:

statické a dynamické

a dále na: *vrypové, vnikací, odrazové*

Statické zkoušky tvrdosti

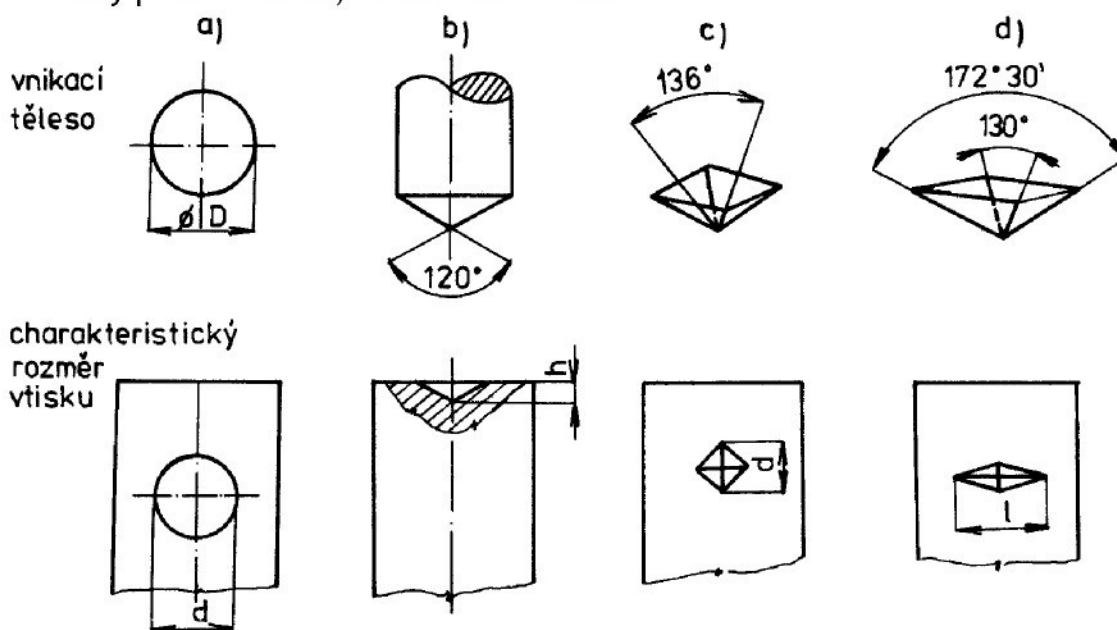
zkoušky vrypové a vnikací

Vrypová zkouška (podle Martense)

- zkouška se užívá jen omezeně
- u kovových materiálů se k vytvoření vrypu používá diamantového kužele s vrcholovým úhlem 90°
- posuzuje se:
 - a) zatížení kužele nutné k dosažení vrypu určité šířky,
 - b) nebo převrácená hodnota šířky vrypu při konstantním zatížení diamantu.

Vnikací zkoušky tvrdosti

- nejrozšířenější a nejvýznamnější
- zkoušky podle Brinella, Rockwella a Vickerse



Obr.: Tvary nejčastěji užívaných vnikacích těles a zjišťované rozměry vrtisků při měření tvrdosti. Metody:

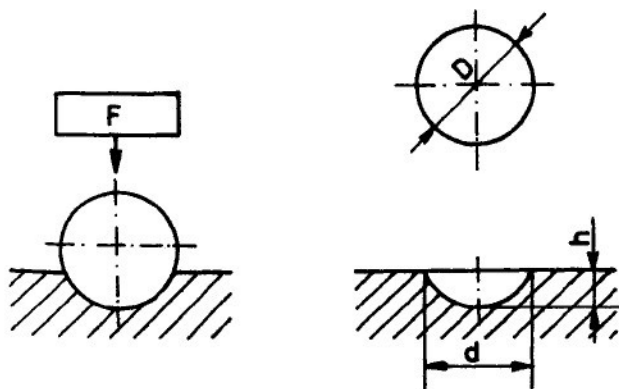
a) Brinellova, b) Rockwellova, c) Vickersova, d) Knoopova.

ZKOUŠKA TVRDOSTI PODLE BRINELLA

do zkoušeného materiálu se zatlačuje určitou silou F ocelová kalená kulička o průměru $D = 10; 5; 2,5; 2$ a 1 mm.

do tvrdosti 400 HB - kalené ocelové kuličky

nad 400 HB - kuličky ze slinutých karbidů



Obr.: Schéma zkoušky tvrdosti podle Brinella.

$$HB = \frac{0,102F}{A}$$

plocha vtisku:

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

F - zátěžná síla (N)

A - plocha vtisku (mm^2)

D - průměr kuličky (mm)

d - průměr vtisku (mm)

Zatížení se volí jako násobek čtverce průměru kuličky:

$$F = K \cdot D^2$$

K - konstanta

$K = 30$ pro ocel,

$K = 10$ pro neželezné kovy a slitiny,

$K = 2,5$ pro měkké neželezné kovy a kompozice).

Doba zatěžování za normálních podmínek ($D = 10$ mm, $F = 3000$ kp):

- u ocelí a litin $10 \div 15$ s,

- u neželezných kovů $10 \div 180$ s (podle měřeného materiálu)

Jiné podmínky zkoušky označíme: HB průměr D (mm), F (kp), doba zatěžování (s), např. 280 HB 5 / 750 / 20.

PŘÍLOHA Č. 2

Z výsledků zkoušky tvrdosti je možno určit informativně pevnost v tahu:

$$R_m = k \cdot HB$$

$k = 3,1 \div 4,1$ pro ocel

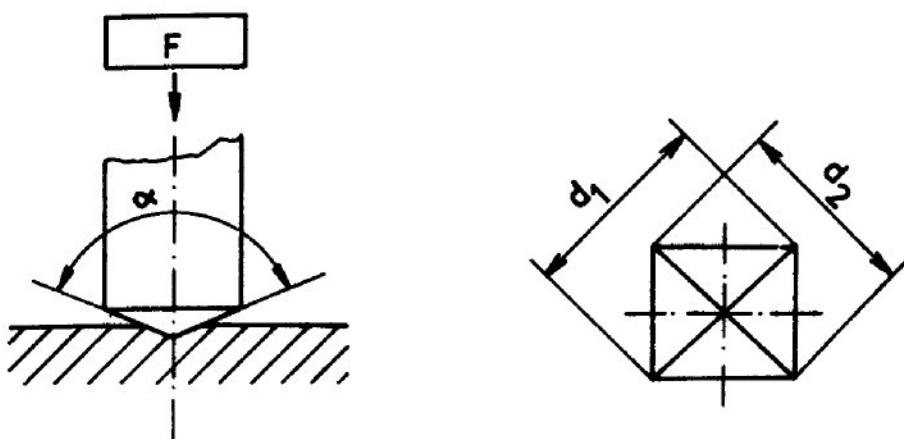
(uhlíková ocel $k \approx 3,6$; chromniklová ocel $k \approx 3,4$)

$k = 2,3$ pro litý bronz

$k = 2,6$ pro hliník.

ZKOUŠKA TVRDOSTI PODLE VICKERSE

vníkacím tělískem je diamantový čtyřboký jehlan o vrcholovém úhlu 136°



Obr.: Schéma zkoušky tvrdosti podle Vickerse.

$$HV = 0,189 \frac{F}{d^2}$$

F - zátěžná síla (N)

d - aritmetický průměr délky úhlopříček vtisku (mm)

- zatížení lze volit libovolně, prakticky se užívají zatížení odstupňovaná v deseti stupních od 9,8 (1) do 980 (10) N (kp)
- základní podmínky: $F = 294$ N (30 kp),
čas zatížení $10 \div 15$ s
- 138 HV / 10 / 30 (tvrdost při zatížení 10 kp (98 N) po dobu 30 s)
- pevnost zjistíme přepočítáním na Brinella.

ZKOUŠKA TVRDOSTI PODLE ROCKWELLA

vníkacím tělískem je diamantový kužel s vrcholovým úhlem 120° a zaoblením hrotu 0,2 mm nebo kalená ocelová kulička o průměru $1/16''$ (palce) (= 1,5875 mm)

- měří se hloubka vtisku dosaženého za definovaných podmínek

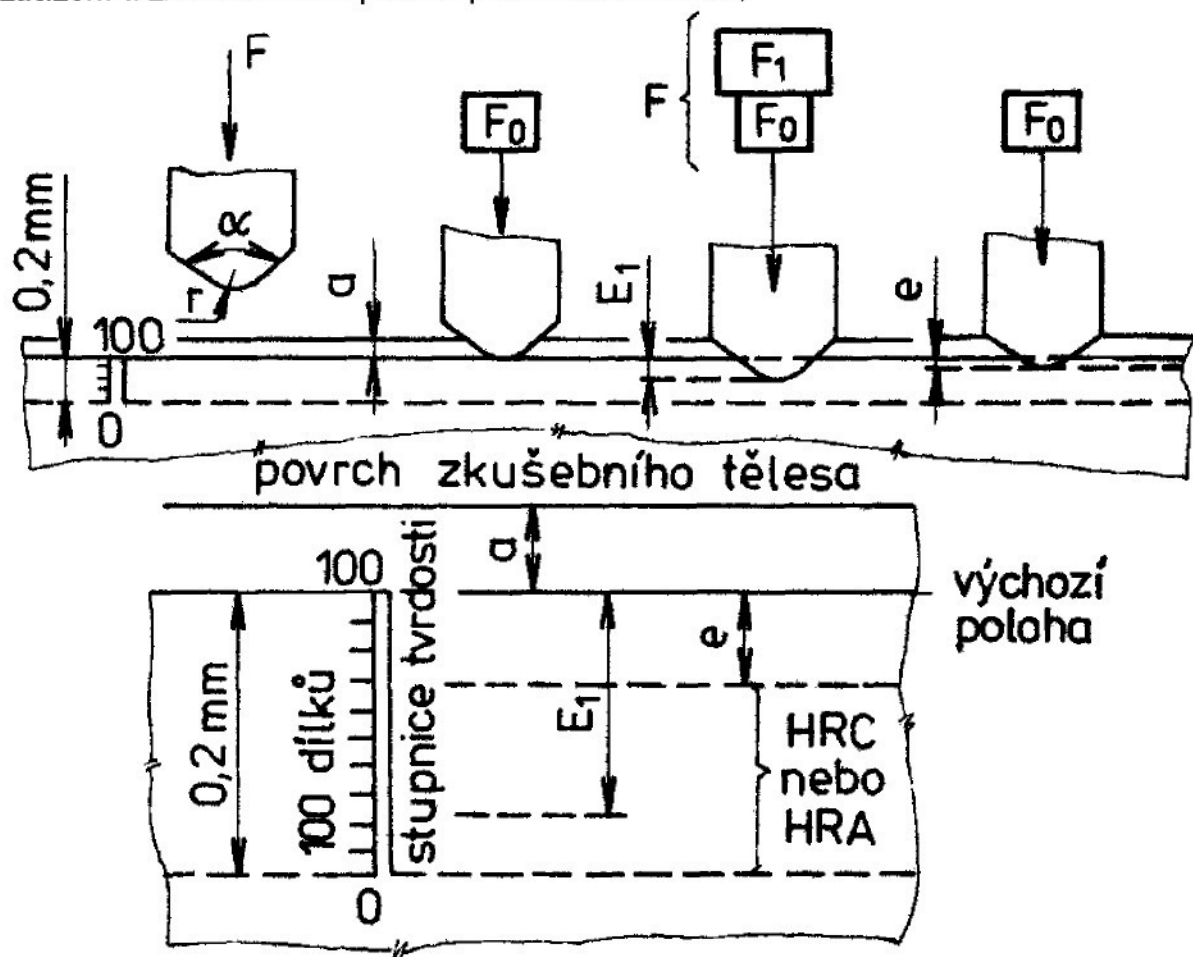
PŘÍLOHA Č. 2

Postup měření:

vnikací těleso nejprve zatíží základným předběžným zatížením F_0 (98 N), stupnice hloubkoměru se nastaví v zatíženém stavu do počáteční polohy poté se uplatní přídavné zatížení F_1 (1373 N)

(celkové zatížení F (1471 N) = $F_0 + F_1$).

po odlehčení na zatížení F_0 (98 N) se na hloubkoměru odečte přímo tvrdost v příslušné stupnici, (tvrdost je dána hloubkou vtisku E_1 , které se dosáhlo aplikací plného zatížení, měřenou od hloubky odpovídající předběžnému zatížení a zmenšenou o zpětnou pružnou deformaci)



Obr.: Schéma postupu měření tvrdosti podle Rockwella.

Nahoře - postup zatěžování, dole - detail průniku vnikačního tělesa do vzorku a jeho měření.

Podle vnikačního tělesa a velikosti zatížení jsou jednotlivé stupnice tvrdosti podle Rockwella označeny:

- HRA - diamantový kužel, $F = 600$ N, tenké vrstvy a křehké materiály
- HRB - kalená kulička, $F = 1000$ N, měkké materiály
- HRC - diamantový kužel, $F = 1500$ N, tvrdé materiály (kalené apod.), nejběžnější, uplatňuje se v rozsahu $20 \div 70$ HRC

DYNAMICKÉ ZKOUŠKY TVRDOSTI

dynamické měření tvrdosti je méně přesné než statické a zkušební tělísko na zkušební vzorek působí rázem

zkoušky

- vnikací ... plastická deformace povrchu zkušebního tělesa
- odrazové ... velikost odrazu zkušebního tělesa

Vnikací zkoušky:

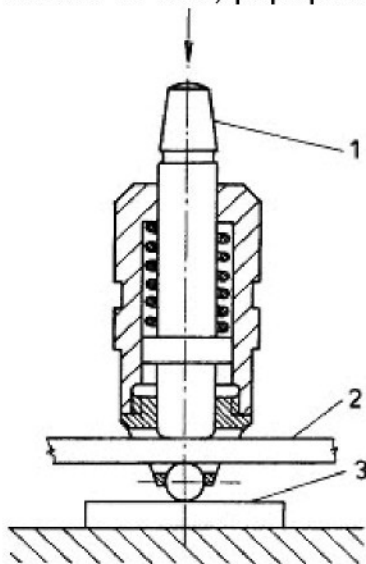
- *Poldi kladívko* (vnikací těleso kulička)
- *Baumannovo kladívko* (vnikací těleso kulička)

Měření Baumannovým kladívkem:

pracuje přímou metodou, rázová energie k vytvoření vtisku je vyvozena pružinou.

Měření kladívkem Poldi:

kladívko s vloženým porovnávacím etalonem se přiloží na zkušební povrch a úderem kladiva na úderník vznikne vtisk ve zkoušeném materiálu a zároveň v porovnávacím etalonu známé tvrdosti. Z velikosti obou vtisků se v tabulce odečte tvrdost, popřípadě i přibližná pevnost.



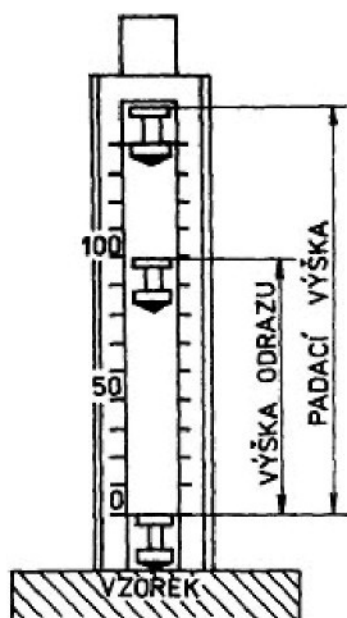
Obr.: Schéma kladívka Poldiny huti:

- 1 - úderník,
- 2 - porovnávací etalon,
- 3 - zkoušený materiál.

Odrazové zkoušky:

Metoda Shoreho:

tvrdost se posuzuje podle výšky odrazu závaží s diamantovým kulovitě ukončeným hrotem, které dopadlo z určité výšky na zkoušený předmět. Tvrdoměr se nazývá *skleroskop*. Používá se jen výjimečně.



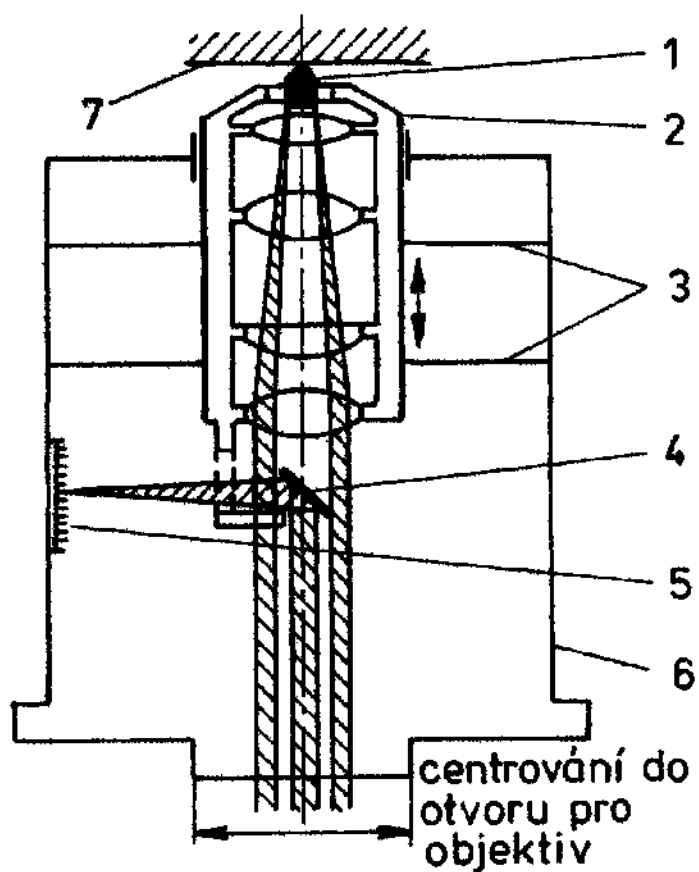
Obr.: Schéma Shoreho skleroskopu.

ZKOUŠKY MIKROTVRDOSTI

Mikrotvrdoměry

- tvrdost drobných a měkkých součástí,
- vytvoření malého předně umístěného vtisku,
- použití velmi malých zatížení,
- jsou buď součástí metalografických mikroskopů, nebo se používají samostatně,
- pracují vnikací, nebo vrypovou metodou,
- nejpožívanějším je **mikrotvrdoměr Hanemannův**
- pracují v rozsahu zatížení $4,3 \cdot 10^{-3} \text{ N}$ (0,5 p) ÷ 1,96 N (200 p),
- označení HM,
- užití: tenké vrstvy.

Vnikací tělísko - vnikacími tělísky jsou diamantové hroty, Vickersův jehlan, je součástí objektivu = na bázi optického mikroskopu.



Obr.: Schéma Hanemannova mikrotvrdoměru:

- 1 - Vickersova pyramida,
- 2 - nosič objektivu,
- 3 - závěsné membránové pružiny,
- 4 - optický hranol,
- 5 - stupnice zatížení,
- 6 - kryt,
- 7 - výbrus.

7. CVIČENÍ

MECHANICKÉ ZKOUŠKY DYNAMICKÉ

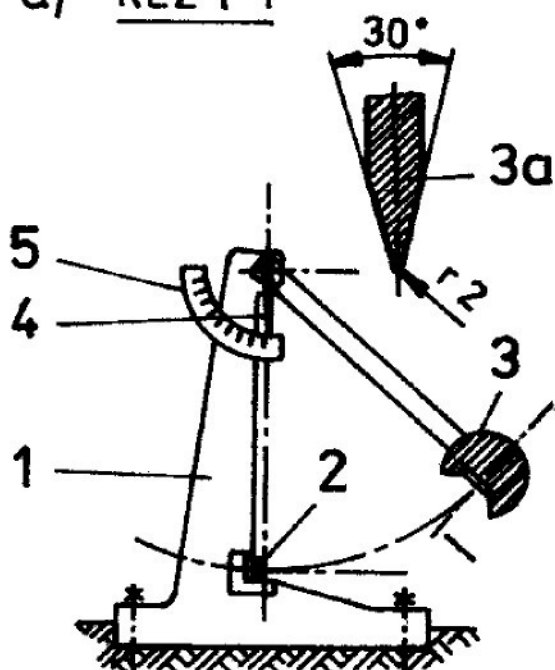
zatížení probíhá buď velkou rychlostí - *rázové zkoušky*, nebo se mnohonásobně cyklicky opakuje - *únavové zkoušky*.

Rázové zkoušky ohybem: zkouška vrubové houževnatosti

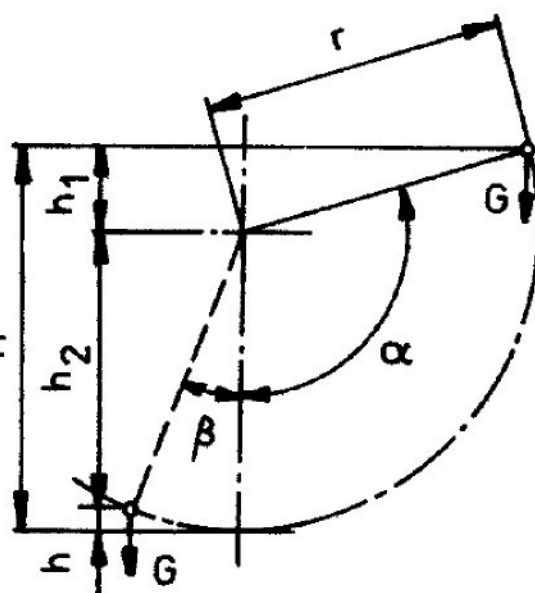
- zkušební tyč má rozměry 10 x 10 x 55 mm

- Charpyho kladivo

a) ŘEZ I-I



b)



Obr.: Poměry při rázové zkoušce v ohybu na kyvadlovém kladivu:

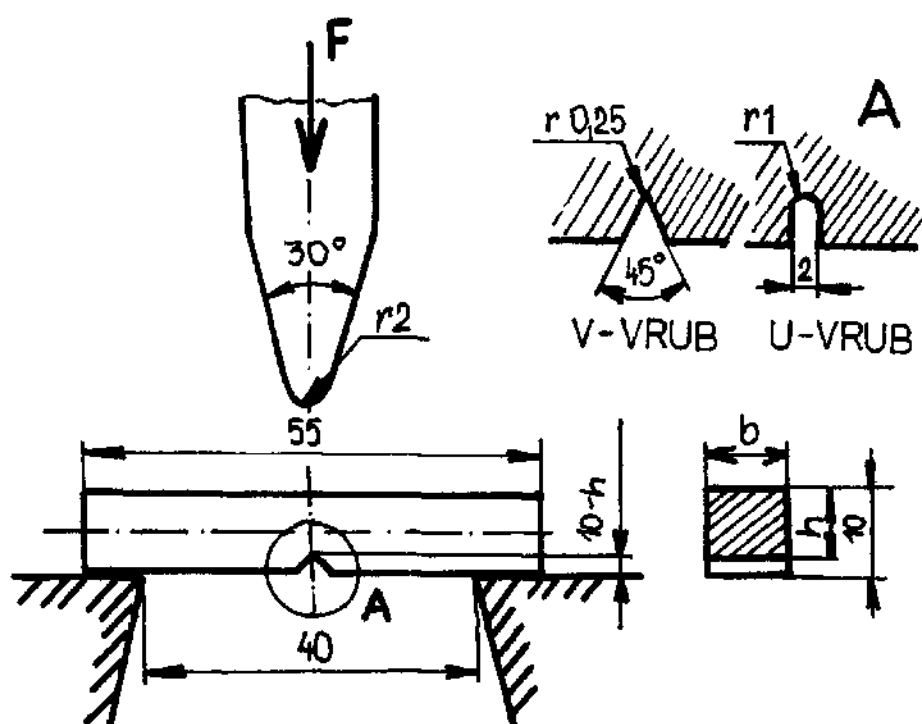
a) schéma Charpyho kladiva: 1 - rám, 2 - zkušební tyč, 3 - kyvadlové kladivo, 3a - tvar břitu kladiva, 4 - vlečná ručka, 5 - stupnice;

b) údaje pro výpočet nárazové práce: G - kývající hmota (hmotnost kladiva a části ramena); r - poloměr dráhy břitu.

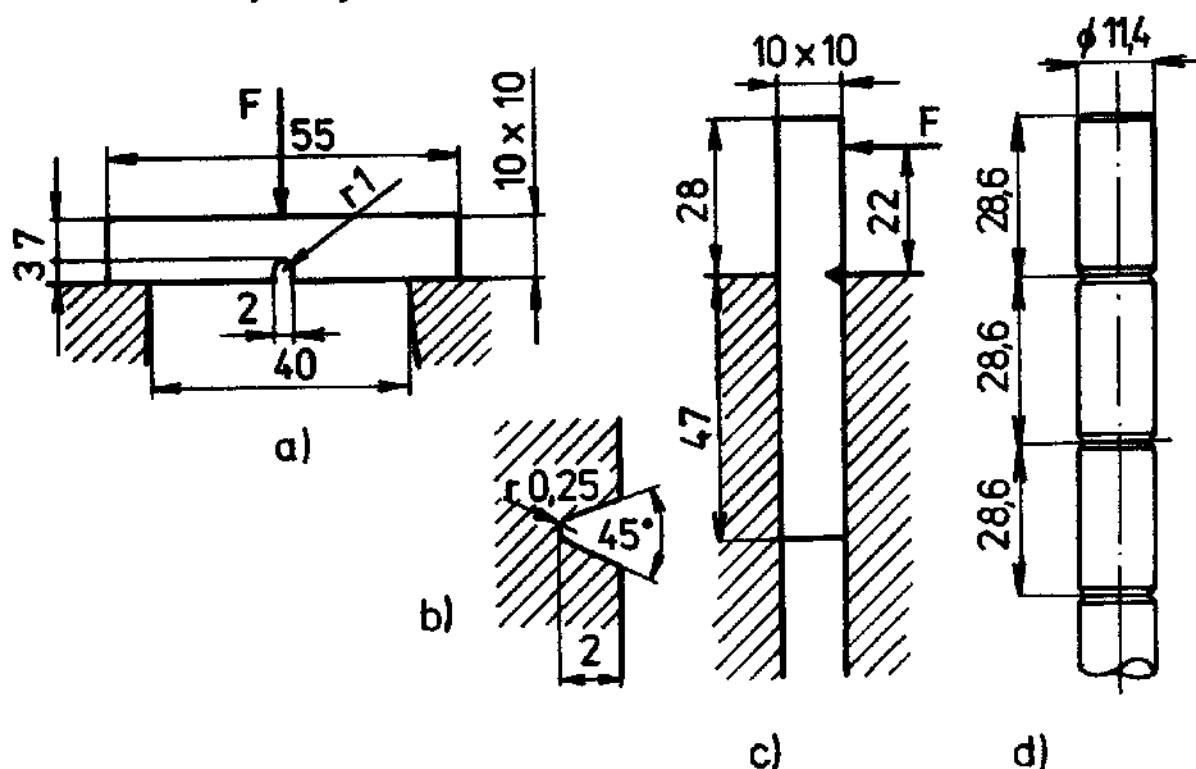
- přerážení zkušební tyče jedním rázem kyvadlového kladiva a určení nárazové práce, která se přitom spotřebovala

- zkouška se používá zejména u ocelí, vzhledem k jejich většinou velké houževnatosti by se v některých případech zkušební tyč nepřerazila, ale pouze plasticky deformovala, proto se tyče opatřují vrubem (U - vrub, V - vrub), v jehož kořeni dochází při úderu kladiva ke koncentraci napětí a vzniká oblast složité napjatosti, což usnadní nukleaci trhliny a vytvoří předpoklady pro křehké porušení.

- zkušební tyče jsou při přerážení uloženy na dvou podporách (podle Charpyho) nebo letmo (podle Izoda).



Obr.: Zkušební tyč a kyvadlové kladivo.



Obr.: Typy zkušebních tyčí a jejich uložení při rázové zkoušce ohybem:
a) zkouška typu Charpy, zkušební tyč s U - vrubem podle ČSN,
b) V - vrub podle ČSN,
c) zkouška typu Izod, jednoduchá prizmatická tyč,
d) vícenásobná válcová tyč (tyč se vysunuje z uložení a přeráží postupně).

PŘÍLOHA Č. 2

- změřená nárazová práce K se označuje podle užitého vrubu buď KU, nebo KV.

$$KC = \frac{K}{S_0} (J \cdot cm^{-2})$$

$$K = G(H - h)$$

$$G = m \cdot g$$

KC - vrubová houževnatost (KCU nebo KCV)

K - nárazová práce

S_0 - plocha průřezu tyče pod vrubem

g - tíhové zrychlení

m - hmotnost

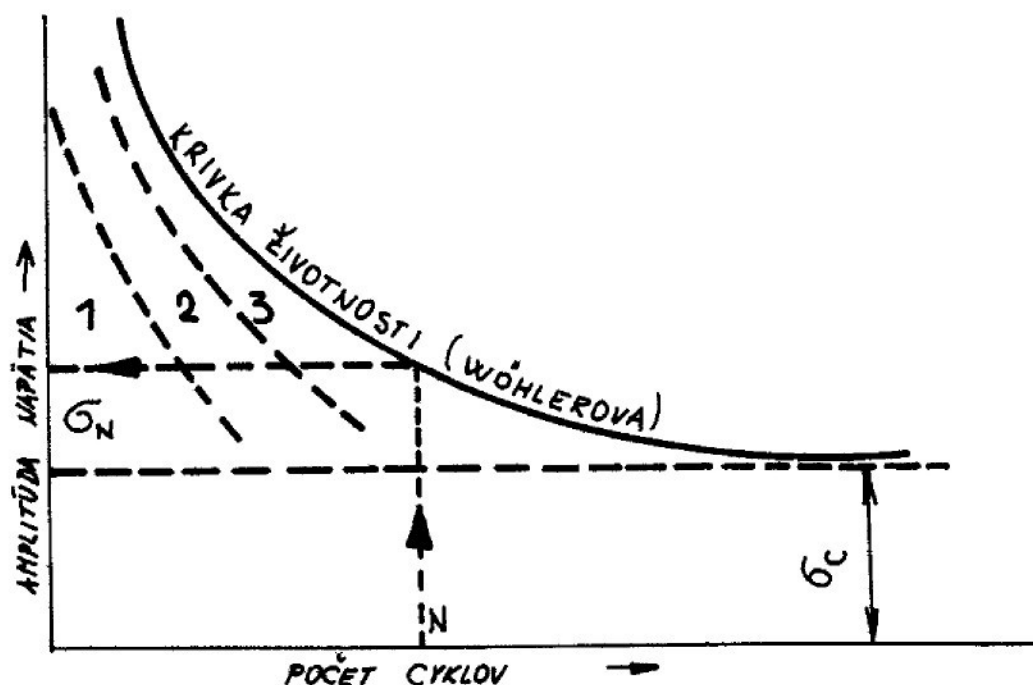
H, h - výšky

Únavové zkoušky:

při opakovaném zatěžování i menší silou může dojít k porušení - únavový lom, vícenásobné opakování.

Zkouška ohybu za rotace

- zkušební tyč v ložisku - točení, nepatrný pohyb - střídavé namáhání



Obr.: Únavový proces:

σ_c - mez únavy a σ_n - časová mez únavy.

R_c (σ_c) - mez únav, nejčastější napětí, které materiál vydrží, při nekonečném počtu cyklů aniž dojde k jeho porušení

R_n (σ_n) - časová mez únavy, tj. napětí, které mat. vydrží po určitý počet cyklů n , napětí při kterém dojde k porušení mat. ($10^6 \div 10^7$ cyklů).

Hodnocení odolnosti vůči únavě:

- Wöhlerova křivka - závislost počtu cyklů do lomu od amplitudy napětí, pro konstantní střídavé namáhání
- Smithův diagram - dává přehlednou informaci o odolnosti materiálu proti porušení při opakovaném namáhání kombinovaném se statickým předpětím.

MECHANICKÉ ZKOUŠKY TECHNOLOGICKÉ

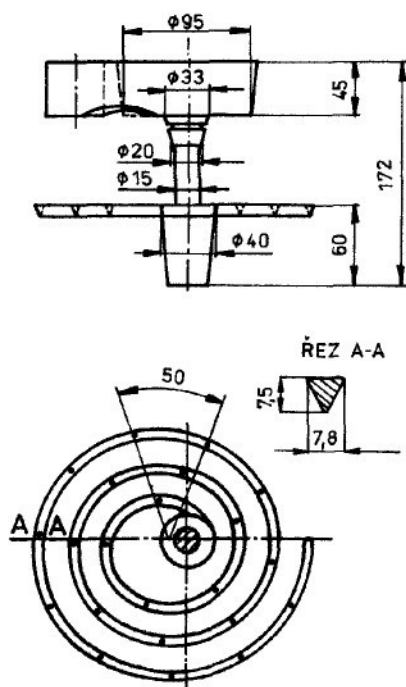
zkoušky materiálu, které posuzují jeho vhodnost pro danou technologii, porovnávací zkoušky - porovnávají se 2 nebo více materiálů

dělení zkoušek:

- slévateľnosti, svařitelnosti, tvárnosti, obrobiteľnosti.

Zkoušky slévateľnosti

- slévateľnost je schopnost kovů a slitin tvořit odlitky, závisí na smrštění a zabíhavosti kovů
- zabíhavost tj. schopnost kovu, nebo slitiny dokonale zaplnit formu, nejčastěji se zjišťuje zkouškami založenými na měření dráhy, kam až kov ve zkušební formě zaběhne; závisí na chem. složení slitiny, množství vměstků, teplotě lití a stavu formy
- smrštění je zmenšení objemu i rozměrů ztuhlého kovu, nebo slitiny vzhledem k tavenině; závisí na chemickém složení slitiny, teplotě lití, konstrukci odlitku, druhu formy a na způsobu chladnutí.

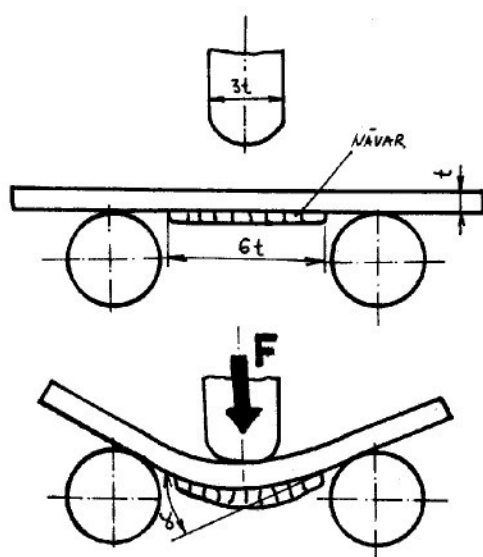


Obr.: Curyho zkouška zabíhavosti pro šedou litinu.

Zkoušky svařitelnosti

svařitelnost se vyjadřuje ve 4 stupních

- zaručená, zaručeně podmíněná, dobrá, obtížná



Zkoušky:

odolnosti svarových spojů proti vzniku trhlin (lámavosti) - materiál vyhovuje, když dosáhne předepsaného uhlu ohybu bez trhliny

zkřehnutí - tepelně ovlivněné oblasti těsně u svaru; 3 tyče a kontroluje se či hodnota KCU neklesne u žádné z tyčí pod hodnotu, která je předepsána.

Obr.: Zkouška svařitelnosti (lámavosti svaru).

Zkoušky tvárnosti

- zkoušky plechů, drátů a trubek
- tvárnost závisí na chemickém složení a struktuře materiálu, teplotě, způsobu a rychlosti deformace.

I. Zkoušky plechů

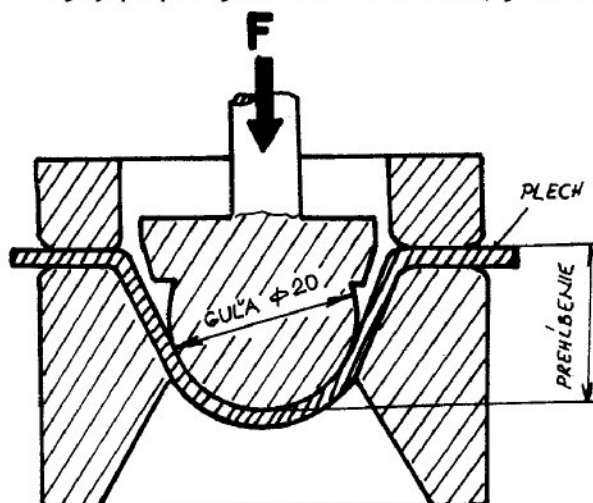
- do tloušťky 2 mm, určených pro zpracování ohýbáním, hlubokým tažením, lisováním a lemováním.

Zkouška hloubením podle Erichsena

- vtlačování kulovitého nástroje do plechu upnutého přidržovačem na raznici tak dlouho, až se na vytaženém kulovitém vrchlíku objeví trhlina
- prohloubení je měřítkem hlubokotažnosti
- je-li trhlina ve směru válcování, pak je plech vhodný k tažení, trhliny kolmé na směr válcování svědčí o opaku
- drsný povrch svědčí o nevhodné struktuře plechu pro hluboké tažení

Zkouška podle Engelharta

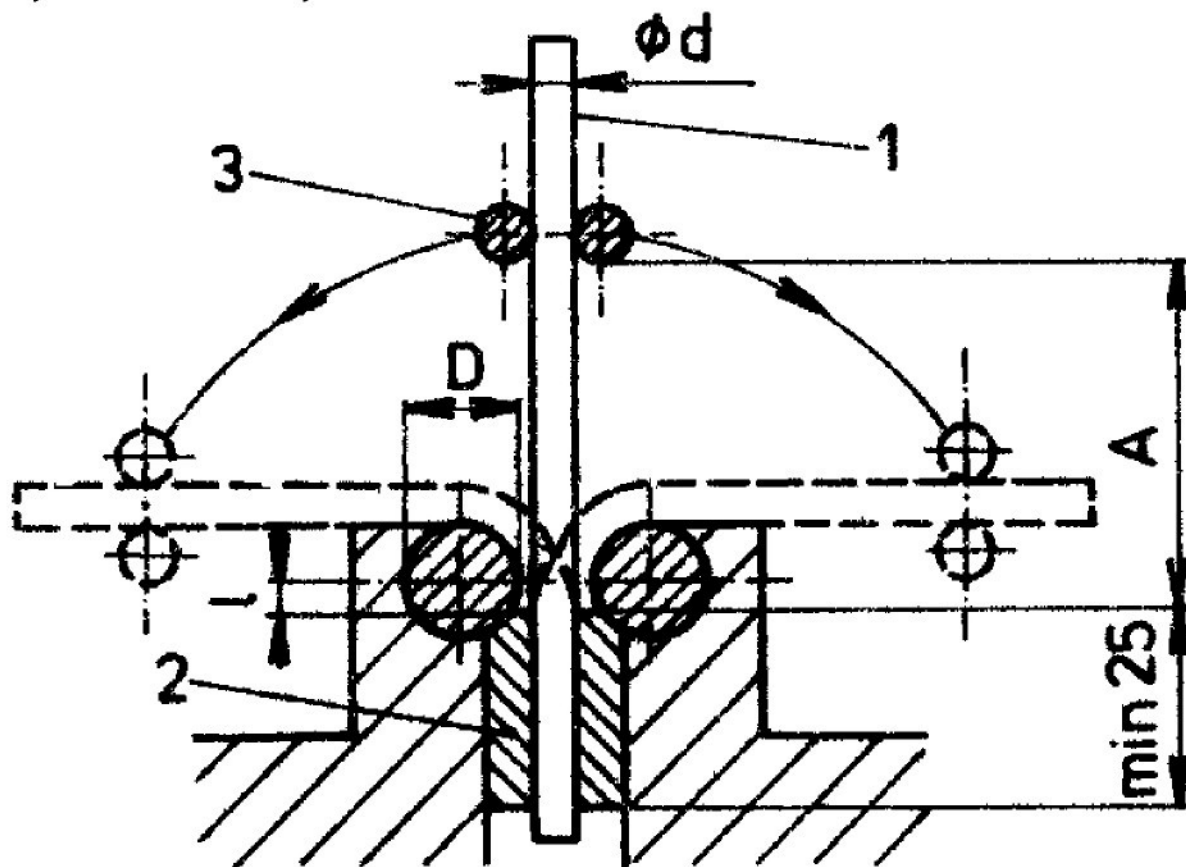
- stejný případ jako dle Erichsena, jen síla působí z dola.



Obr.: Zkouška podle Erichsena.

Zkouška střídavým ohybem

- počítá se počet ohybů, které pásek plechu vydrží
- když vznikne trhlina, ohyb se už nepočítá
- rychlost max. 60 ohybů za minutu.



Obr.: Zkouška plechu (drátu) střídavým ohybem:
1 - vzorek plechu (drátu), 2 - upínací čelisti, 3 - unášec.

Zkouška lámavosti

- je určený úhel, když při tomto úhlu nevznikne trhlina - plech je dobrý.

II. Zkoušky drátů

Zkouška střídavým ohybem

- ocelové dráty od průměru 0,3 do 10 mm a dráty z hliníku a jeho slitin do 12 mm
- drát upnutý do čelisti se střídavě ohýbá 90° na obě strany, frekvencí asi 60 ohybů za minutu
- mírou tvářitelnosti je počet ohybů do porušení. (viz. obr.)

Zkouška kroucením

- vhodná pro ocelové dráty do průměru 10 mm a dráty z hliníku a jeho slitin do 12 mm
- mírou tvařitelnosti je počet krutů
- kolikrát mohou drát otočit o 360° než praskne
- kroucení může být jednosměrné, střídavé a podvojně.

III. Zkoušky trubek

Lemování

- konce trubek se rozeženou kuželovým trnem a dolemují přítlačnou deskou.
- trubka vyhovuje, jestliže se na lemu předepsané šířky nevytvoří trhliny.

Rozšiřování

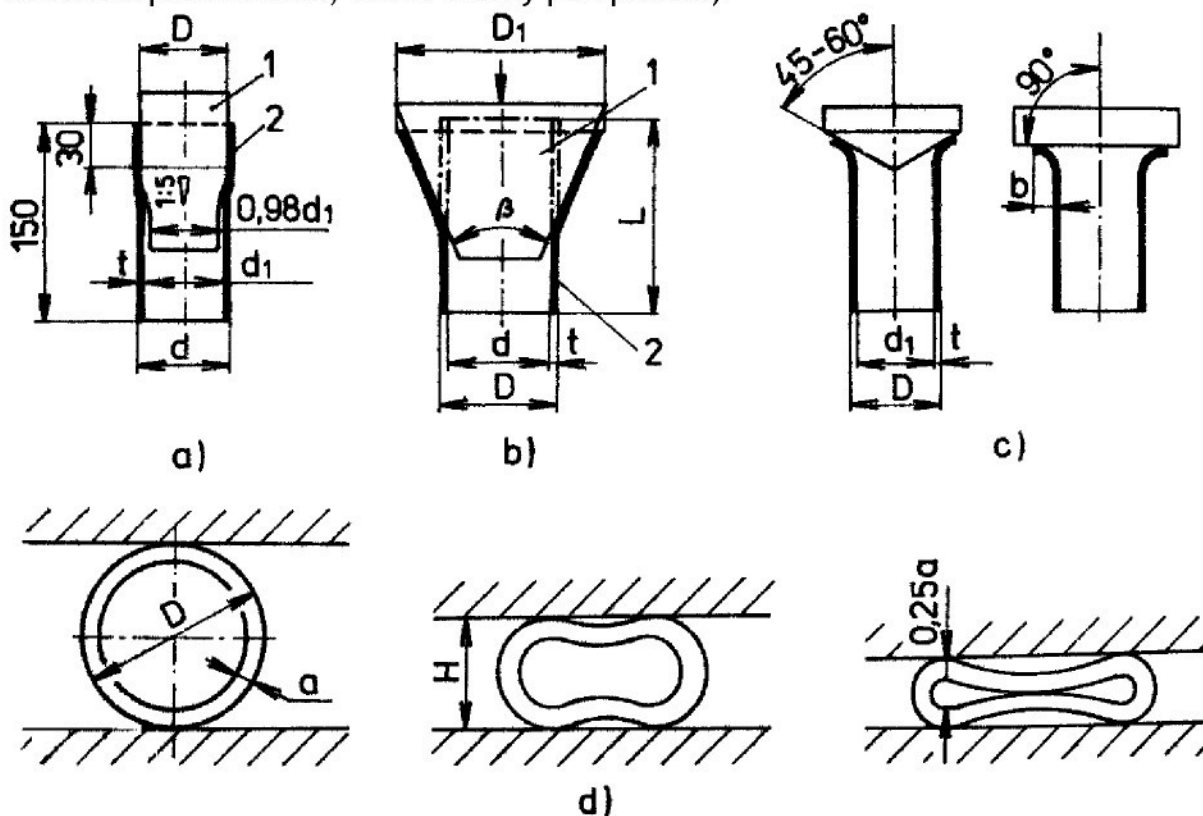
- nahrazuje zkoušku **rozháněním**
- do trubky se vtlačuje kuželový nástroj, který trubku do vzdálenosti 30 mm od konce rozšíří na vnitřní průměr o 10 % větší, než byl původní.

Zmáčknutím

- pro trubky do 400 mm s tloušťkou stěny 15 % vnějšího průměru trubky
- odřezek trubky se zmáčkne pod lisem do určité vzdálenosti H nebo do dosednutí tak, že na okraji jsou mezery o velikosti nejvýše $\frac{1}{4}$ tloušťky stěny trubky
- výsledky jsou vyhovující, jestliže v místech největšího ohybu nevznikne trhlina nebo lom.

Ohybem

- úhel α je dán normou, trubka by se měla ohnout o úhel α bez trhliny (aby nedošlo k promáčknutí, tak se trubky plní pískem).



Obr.: Zkoušky trubek:

a) rozháněním, b) rozšiřováním, c) lemování, d) zmáčknutím.

Zkoušky obrobiteľnosti

- závisí na fyzikálních a mechanických vlastnostech obráběného materiálu, na řezném nástroji (typu, geometrii a materiálu nástroje) a na podmínkách, za nichž se obrobiteľnost zkouší.

8. CVIČENÍ

GIBBSŮV ZÁKON FÁZÍ

udává počet stupňů volnosti, což je počet nezávislých změn, které jsou soustavě povoleny aniž by se změnil počet fází, informuje jen o počtu fází v soustavě, neříká ovšem nic o jejich množství, složení a rozdělení

$$V_1 = K + 2 - f$$

V - počet stupňů volnosti; je definován jako počet nezávislých změn, které jsou soustavě povoleny, aniž se změnil počet existujících fází (teplota, tlak a složení fází)

f - počet fází

K - počet složek (nejmenší počet nezávislých chemických prvků, z nichž je možné celou soustavu složit)

2 - 2 proměnné, které můžou do systému vstoupit (teplota, tlak, chemické složení).

U tuhých a kapalných kovových soustav neuvažujeme obvykle vliv tlaku jako proměnné veličiny. Fázové pravidlo má potom tvar:

$$V_2 = K + 1 - f$$

nebereme v úvahu tlak (tlak = konstantě).

Pro čistý kov lze z rovnice odvodit $V = 2 - f$ při jedné fázi lze měnit jednu proměnnou veličinu, např. teplotu, aniž se počet fází změní.

Jsou-li při $k = 1$ přítomny dvě fáze, jako je tomu při krystalizaci čistého kovu (tavenina a krystaly), nemá soustava žádný stupeň volnosti - je **invariantní**. Krystalizace probíhá při konstantní teplotě - teplotě tuhnutí.

Pro dvě složky má fázové pravidlo tvar $V = 3 - f$ □ při jedné fázi (např. binární slitina v kapalném stavu) lze nezávisle měnit současně dvě proměnné veličiny (teplotu a složení), aniž dojde ke změně počtu fází. Jsou-li přítomny dvě fáze (např. krystaly a tavenina), lze měnit nezávisle pouze jednu proměnnou (např. teplotu nebo složení).

Při třech fázích (tavenina a dva druhy krystalů) nemá soustava žádný stupeň volnosti. Zmíněné tři fáze mohou vedle sebe existovat jen při určité teplotě a určitém složení. Změna teploty vede nezbytně ke změně počtu fází.

ROVNOVÁŽNÉ DIAGRAMY

podávají kvalitativní i kvantitativní popis fází, které jsou v rovnováze v kovových soustavách o dvou a více složkách v závislosti na teplotě pro sestrojování rovnovážných diagramů je nutno zjistit teploty, při nichž dochází k přeměnám fází, ať již je to přechod z kapalného do tuhého stavu nebo přeměny probíhající v tuhém stavu.

Podle počtu složek:

Jednosložkové soustavy - pro čistý kov bez přísad

Dvousložkové - binární

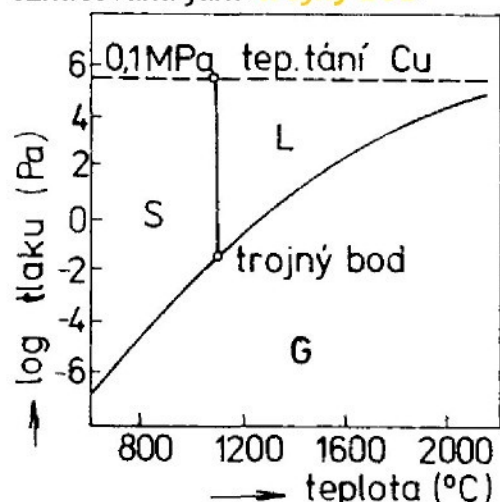
Třísložkové - ternární.

Jednosložkové soustavy

mohou se vyskytovat tři fáze:

plynná - G, kapalná - L, tuhá - S

při jedné fázi má soustava dva stupně volnosti, jsou-li v rovnováze dvě fáze, zbývá jeden stupeň volnosti a při třech fázích je soustava **invariantní** a může existovat pouze při jedné hodnotě teploty a tlaku, tato hodnota je označována jako **trojný bod**.



Obr.: Diagram teplota - tlak pro čistou měď.

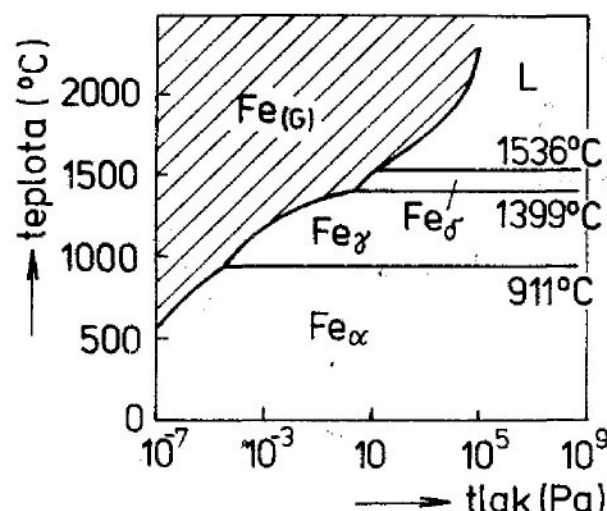
V jednosložkové soustavě mohou existovat tyto dvoufázové rovnováhy:

tuhá - kapalná fáze (tání nebo tuhnutí),

tuhá - plynná fáze (sublimace, kondenzace),

tuhá - plynná fáze (vypařování, kondenzace).

Mohou existovat ještě další typy rovnováhy, a to tuhá fáze - tuhá fáze, má-li tuhá fáze dvě nebo více modifikací v tuhém stavu (např. železo).



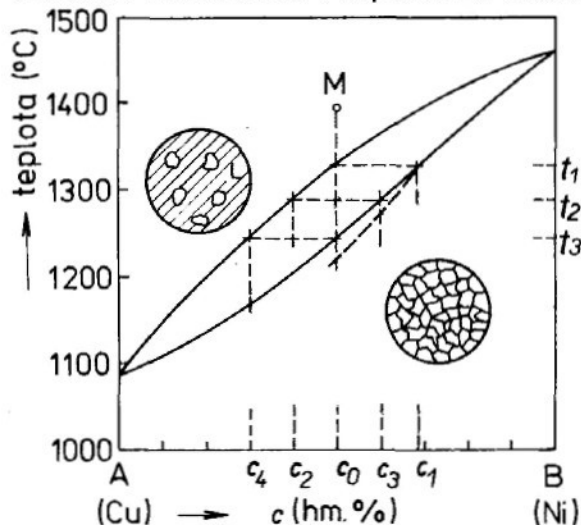
Obr.: Diagram teplota - tlak pro železo. Fe_α - Ferit, Fe_γ - Austenit.

Dvousložkové soustavy

s úplnou rozpustností složek v kapalném i tuhém stavu,
s úplnou nerozpustností složek v tuhém stavu,
s omezenou rozpustností složek v tuhém stavu.

1. Diagramy s úplnou rozpustností složek v kapalném i tuhém stavu

dokonalá mísitelnost v kapalném i tuhém stavu



Obr.: Rovnovázný diagram binárních slitin dokonale mísitelných v tuhém i kapalném stavu - soustava Cu - Ni.

Horní křivka - **LIKVIDUS** - udává teploty počátku krystalizace binárních slitin a zároveň i složení kapalné fáze, která je v rovnováze s vyloučenými krystaly.

Spodní křivka - **SOLIDUS** - udává složení vznikající tuhé fáze.

Nad křivkou likvidu je termodynamicky stabilní fáze tavenina a soustava má dva stupně volnosti.

Mezi likvidem a solidem existují vedle sebe dvě fáze - tavenina a krystaly tuhého roztoku a soustava má jeden stupeň volnosti.

Pod čarou solidu je jediná fáze - tuhý roztok, soustava má opět dva stupně volnosti.

M - libovolná slitina o koncentraci c_0 - krystalizace

t_1 - dosažená teplota dána čarou likvidu - začnou se vylučovat první krystaly, složení taveniny odpovídá koncentraci c_1

t_2 - pokles teploty (ochlazování) - vylučování dalších krystalů jejichž složení je c_3 , složení taveniny je c_2

t_3 - ukončená krystalizace a slitina má za předpokladů rovnovážného ochlazování výchozí složení tuhého roztoku.

Z toho vyplývá

- při krystalizaci se plynule mění jak složení krystalů (od c_1 do c_0), tak i složení taveniny (od c_0 do c_4)
- rychlé ochlazování - nerovnovážné - značné odchylky koncentrací
- v praxi dojde k rovnovážné krystalizaci jen v málo případech - rovnovážní čára solidu leží níže

Pákové pravidlo

udává kolik je v daném kovu taveniny a tuhého roztoku (množství vyloučených krystalů a zbylé taveniny v teplotním intervalu mezi likvidem a solidem)

$$m_S \cdot c_3 + m_L \cdot c_2 = m_0 \cdot c_0 = (m_S + m_L) \cdot c_0 \qquad \frac{m_S}{m_L} = \frac{(c_0 - c_2)}{(c_3 - c_0)}$$

m_L - hmotnost taveniny

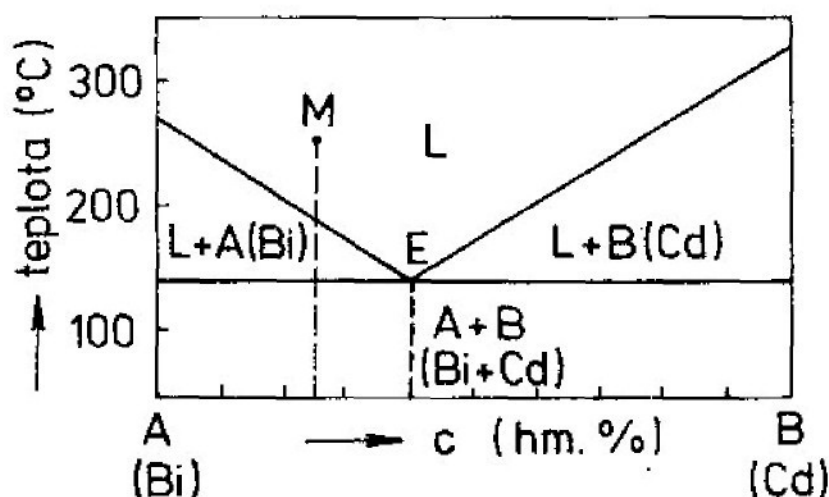
c_2 - tavenina - koncentrace

m_S - krystaly tuhého roztoku - hmotnost

c_3 - krystaly tuhého roztoku - koncentrace

II. Diagramy s úplnou nerozpustností složek v tuhém stavu

úplná nerozpustnost v tuhém stavu je u binárních slitin poměrně vzácná, ideální soustava s úplnou nerozpustností v tuhém stavu se vyznačuje tím, že: struktura je v tuhém stavu tvořena směsí krystalů čistých složek, přísada druhé složky snižuje teplotu tání základní složky, obě křivky likvidu se protínají v eutektickém bodu E představujícím mechanickou směs krystalů čistých složek, eutektikála prochází celou koncentrační oblastí od jedné čisté složky k druhé a tvoří čáru solidu.

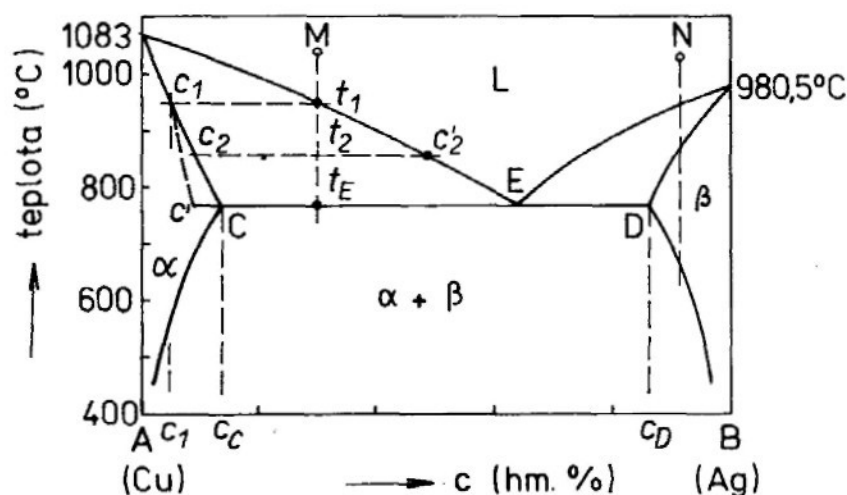


Obr.: Rovnovázný diagram binárních slitin s úplnou nerozpustností složek v tuhém stavu - soustava Bi - Cd.

Při krystalizaci jakékoli slitiny vznikají krystaly jedné čisté složky (A nebo B podle koncentrace). Složení taveniny se mění podle čar likvidu AE a BE. Slitina v tuhém stavu obsahuje v rozmezí koncentrace A - E krystaly čisté složky A a eutektikum, v rozmezí E - B krystaly čisté složky B a eutektikum.

III. Diagramy s omezenou rozpustností složek v tuhém stavu

obě složky jsou navzájem v tuhém stavu do určité míry rozpustné (A, B - čisté složky) Teploty tuhnutí A, B jsou přísadou druhé složky snižovány, takže křivky likvidu mají klesající tendenci. Obě větve likvidu se protínají v bodě E, který představuje slitinu s nejnižší teplotou tání t_E - **eutektická teplota**.



Obr.: Rovnovázný diagram binárních slitin s omezenou rozpustností složek v tuhém stavu - soustava Cu - Ag.

t_E - při ní jsou v rovnováze tři fáze: krystaly α , β a kapalná fáze - soustava je invariantní

- snížením t_E musí zmizet kapalná fáze - proběhne krystalizace (vznikají krystaly tuhého roztoku α a β jako mechanická směs - **eutektikum**)
- vzájemná rozpustnost obou složek je největší, ochlazením rozpustnost klesá; tuhý roztok o koncentraci c_C nebo c_D se proto při ochlazení pod teplotu danou čarou rozpustnosti v tuhém stavu stává přesyceným (čáry CA a DB); při pomalém ochlazení se z něho segregací vylučuje fáze bohatá na jednu složku (u nás je to tuhý roztok α)

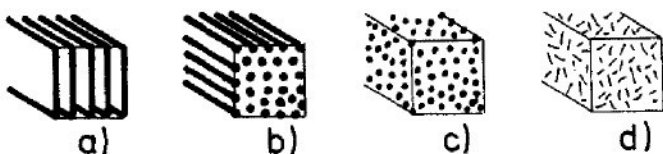
M - libovolná slitina - krystalizace.

t_1 - vznik krystalů tuhého roztoku α o složení c_1

t_2 - pokles teploty (ochlazení)

t_E - v rovnováze jsou krystaly α a tavenina. Soustava je invariantní a při dalším ochlazení krystalizuje eutekticky.

Vzniká směs krystalů α a β - eutektikum může mít strukturu lamelární (destičky), nebo tvar tyčinky, zrna či jehlic.



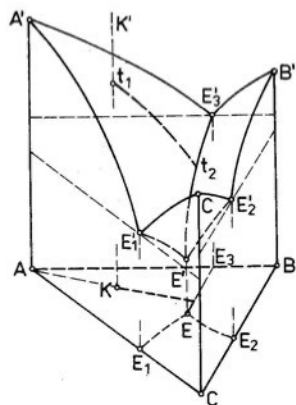
Obr.: Schéma struktur eutektik:

a) lamelární, b) tyčinkovité, c) zrnité, globulární, d) jehlicovité.

Rychlé ochlazování - nerovnovážná krystalizace (koncentrace dané čarami solidu AC a BD) - čárkovaná čára c_1c .

Třísložkové soustavy

Grafické znázornění - ternární diagramy - jdou do prostoru.



Obr.: Ternární rovnovážný diagram slitin, jejichž složky jsou v tuhém stavu navzájem nerozpustné.

Čtyřsložkové soustavy - částečně možné

Vícesložkové soustavy - v podstatě nemožné (série diagramů)

9. CVIČENÍ

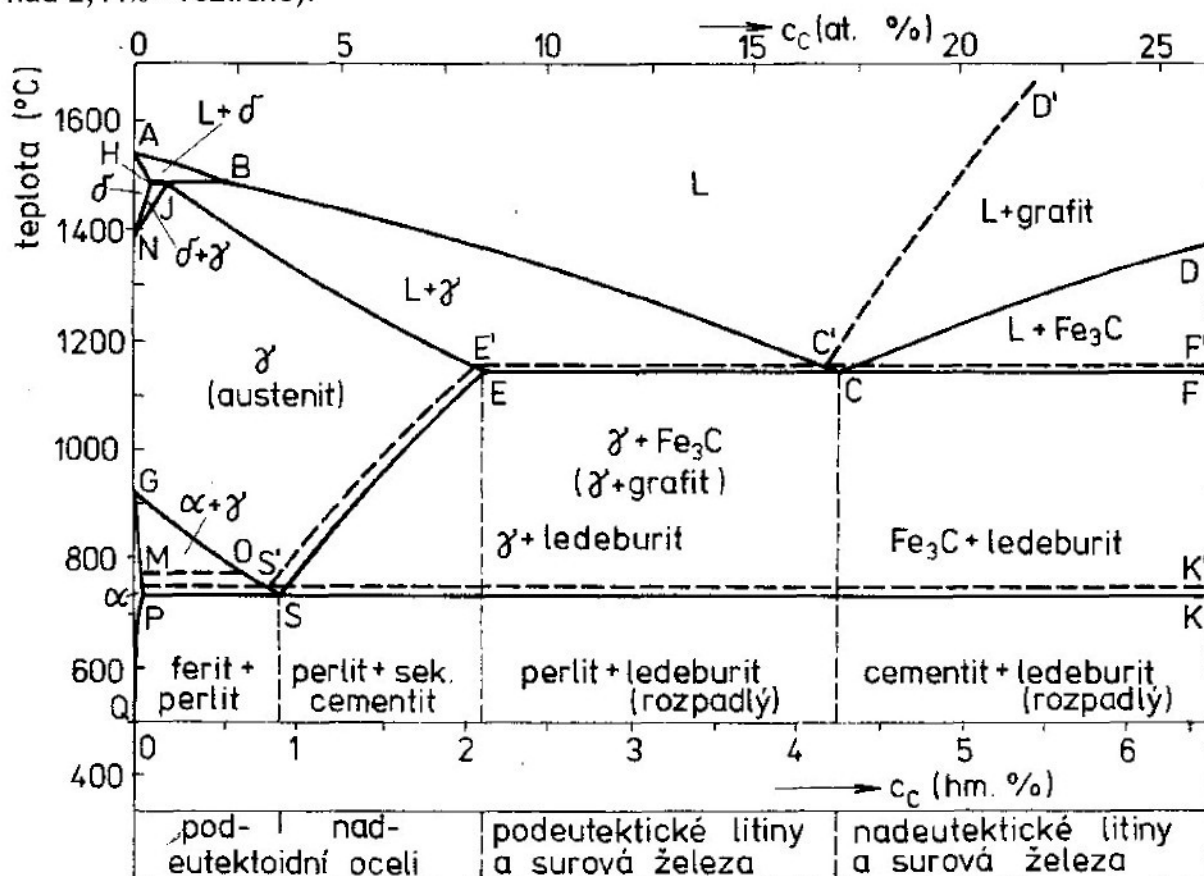
ROVNOVÁŽNÝ DIAGRAM Fe-C, ROZPADOVÁ SCHÉMATA

Diagram se znázorňuje do obsahu uhlíku 6,68 %, který odpovídá 100 % karbidu železa - cementitu - **diagram metastabilní soustavy železo - karbid železa**.

Rovnováží diagram stabilní soustavy - rovnováha mezi železem a grafitem (elementárním uhlíkem) v závislosti na teplotě.

O tom, zda slitiny železa s uhlíkem budou krystalovat ve shodě s metastabilním nebo stabilním rovnovážným diagramem, rozhoduje řada okolností:

- **přítomnost dalších prvků** (přísada manganu podporuje krystalizaci ve shodě s metastabilním rovnovážným diagramem, přísada křemíku naopak podporuje krystalizaci ve shodě s diagramem stabilním),
- **rychlost ochlazování** rychlé ochlazování podporuje krystalizaci ve shodě s metastabilním diagramem, pomalé se stabilním diagramem),
- **obsah uhlíku** (pod 2,11% krystalizují ve shodě s metastabilním diagramem, nad 2,11% - rozličně).



Obr.: Rovnovážený diagram metastabilní a stabilní (---) soustavy slitin železa s uhlíkem.

Metastabilní soustava železo - karbid železa (Fe - Fe₃C)

$A_1 = A_{c1}$ - teoretická teplota rovnováhy austenit ↔ perlit.

A_2 Curieho bod tj. teplota při níž ferit při ohřevu ztrácí nebo při ochlazování nabývá feromagnetické vlastnosti.

$A_3 = A_{c3}$ - teoretická teplota rovnováhy austenit $\leftrightarrow$ ferit u podeutektooidních ocelí.

A_{cm} - teoretická teplota rovnováhy austenit $\leftrightarrow$ sekundární cementit u nadeutektooidních ocelí.

Austenit - **A** - interatícíální tuhý roztok C, případně i jiných prvků v Fe_γ .

Ferit - **F** - interatícíální tuhý roztok C, případně i jiných prvků v Fe_α .

δ -ferit - **δF** - interatícíální tuhý roztok C, případně i jiných prvků v Fe_δ .

Ledeburit - **L** - je metalografický název pro eutektikum metastabilní soustavy Fe - C. Je tvořen směsí austenitu a primárního cementitu.

Ledeburit transformovaný - **L_{tr}** - je směs perlitu a primárního cementitu. Je tvořen drobnými ostrůvky perlitu obklopenými cementitickou hmotou.

Perlit - **P** - metalografický název pro eutektoid metastabilní soustavy Fe - C. Je tvořen směsí feritu sekundárního cementitu.

Cementit - **C** - je metalografický název pro karbid železa. Je to interatícíální chemická sloučenina, která má stechiometrický vzorec Fe_3C . Má tedy stálé chemické složení dané chemickým vzorcem - obsahuje 6,687 % uhlíku.

Podle místa a způsobu vzniku označujeme cementit jako primární C_I , sekundární C_{II} , terciální C_{III} .

Primární cementit - C_I - vzniká přímo z taveniny - krystalizací.

Sekundární cementit - C_{II} - vzniká vylučováním na hranicích zrn austenitu.

Terciální cementit - C_{III} - vzniká vylučováním na hranicích zrn feritu.

Stabilní soustava železo - grafit

GEM Grafitové eutektikum, nemá vlastní metalografické pojmenování. Je tvořeno směsí austenitu a uhlíku ve formě grafitu primárního.

GED Grafitový eutektoid. Je to směs feritu a grafitu sekundárního.

10. CVIČENÍ

TRANSFORMAČNÍ DIAGRAMY IRA A ARA

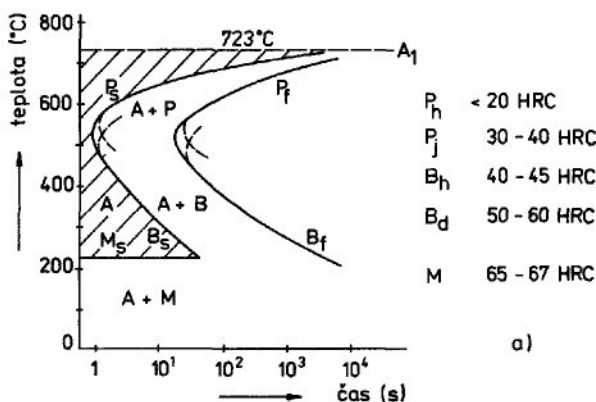
zázorňují průběh přeměny přechlazeného austenitu a udávají vliv teploty a času na průběh přeměny. Na rozdíl od rovnovážných diagramů platí pro ocel určitého chemického složení a pro určité podmínky austenizace (velikost zrna, homogenita austenitu, atd.). Obsahují údaje o perlitické, bainitické a martenzitické přeměně austenitu.

Dva druhy:*Izotermické diagramy (IRA)*

- udávají dobu přeměny austenitu za izotermních podmínek ($T = \text{konst.}$)

Anizotermické diagramy (ARA)

- udávají doby potřebné k přeměně austenitu za různých ochlazovacích rychlostí

**IRA - diagramy**

Obr.: Schéma diagramu izotermického rozpadu austenitu (IRA) oceli

- a) eutektoidní,
b) podeutektoidní,
c) nadeutektoidní;
 F_s , C_s - počátek vzniku proeutektoidního feritu, popř. cementitu;
 A - austenit;
 P - perlit, P_s , P_f - počátek a konec perlitické přeměny;
 B - bainit, B_s , B_f - počátek a konec bainitické přeměny;
 M - martenzit, M_s - teplota počátku martenzitické přeměny;
 P_h - hrubý perlit;
 P_j - jemný perlit;
 B_h - horní bainit;
 B_d - dolní bainit.

Bainit - B - metalografický název pro směs feritu a cementitu. Vzniká difúzní a bezdifúzní přeměnou austenitu v oblasti mezi perlitickou a martenzitickou přeměnou, cementit v bainitu na rozdíl od perlitu, je jemně dispergován na hranicích feritických zrn.

Martenzit - **M** - přesycený metastabilní tuhý roztok uhlíku, případně i jiných prvků v Fe_{α} , který vzniká bezdifúzní přeměnou austenitu zpravidla při ochlazování pod teplotu M_s .

P_s - **perlit start** - počátek přeměny (transformace) austenitu na perlit.

P_f - **perlit finish** - konec přeměny austenitu na perlit.

B_s - **bainit start** - počátek přeměny austenitu na bainit.

B_f - **bainit finish** - konec přeměny austenitu na bainit.

Obdobně **F_s** a **C_{lls}** znamenají počátek, **F_f** a **C_{llf}** konec přeměny austenitu na ferit, resp. Cementit.

M_s - **martenzit start** - teplota počátku přeměny austenitu na martenzit.

M_f - **martenzit finish** - teplota konce přeměny austenitu na martenzit.

A_z - **austenit zbytkový** - austenit, který zůstává po kalení resp. jiném způsobu ochlazování nepřeměněn.

Ocel - slitina železa, uhlíku a několika dalších prvků, obsahuje do 2,11 % uhlíku.

Litina - slitina železa, uhlíku a několika dalších prvků, přičemž obsah uhlíku je vyšší než 2,11 %.

Při malém přechlazení austenitu pod teplotu A_1 - rychlost přeměny je malá, první zrna perlitu se objeví až po velmi dlouhé době.

Při větším přechlazení se zvětší celková rychlost přeměny. Se vzrůstajícím přechlazením se však zmenšuje rychlost difúze železa, tzn. že od určité teploty se rychlost přeměny opět snižuje. Obdobný tvar jako má perlitická přeměna mají také křivky počátku a konce bainitické přeměny.

V rozmezí teplot A_1 až $\approx 550^\circ C$ vznikají lamelární perlitické struktury, v teplotní oblasti od „nosu“ diagramu až po teplotu M_s vzniká izotermickým rozpadem austenitu bainit. Pod teplotou M_s probíhá bezdifúzní martenzitická přeměna.

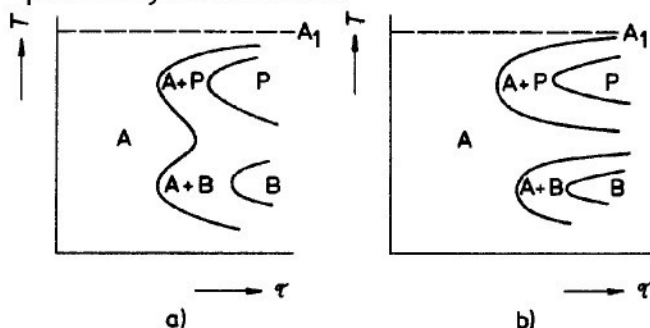
$550^\circ C$ - v okolí je velmi malá stabilita austenitu a krátké reakční doby.

A_1 i M_s - v okolí je zvýšená stabilita austenitu a dlouhé reakční doby.

U podeutektoidních ocelí začíná přeměna tvorbou proeutektoidního feritu. U nadeutektoidních ocelí udává počátek vylučování proeutektoidního cementitu (sekundární cementit).

Na tvar a polohu křivek má vliv

- chemické složení ocelí (přísadové prvky)
- podmínky austenizace.

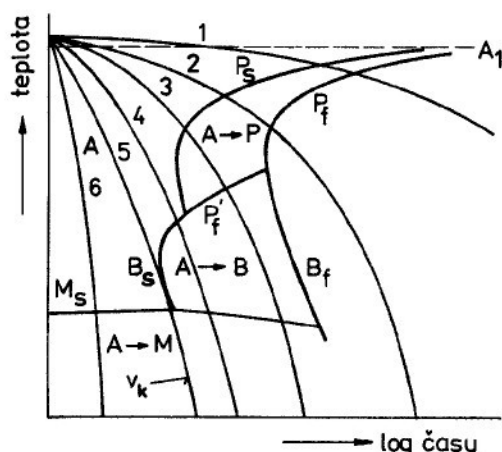


Obr.: Schéma vlivu karbidotvorných prvků na tvar diagramu IRA:
a) nízký obsah přísady, b) vysoký obsah přísady.

ARA -diagramy

udávají počátky a konce jednotlivých přeměn, které byly získány při plynulém ochlazování austenitu různou rychlostí.

- ve srovnání s diagramy IRA jsou složitější, protože výsledná struktura oceli může být tvořena směsí produktů přeměn, které probíhají za různých teplot.



Obr.: Diagram anizotermického rozpadu austenitu (ARA) eutektoidní oceli.

- při ochlazování eutektoidní oceli vzniká při určitém přechlazení z austenitu perlit. Počátek a konec perlitické přeměny je posunut k nižším teplotám tím více, čím je rychlost ochlazování větší (křivky 1 a 2).
- po dosažení určité ochlazovací rychlosti nestačí všichni austenit transformovat v perlitické oblasti a jeho část se zachová až do teplot, kdy již probíhá teplota bainitická. Ve struktuře se po takovém ochlazování (křivka 3) objeví spolu s perlitem také bainit (a martenzit).
- křivka 4 - bainitická reakce.
- pod M_s - martenzitická přeměna (větší rychlost ochlazování = více martenzitu).
- křivka 5 - austenit transformuje pouze na martenzit, popřípadě se zčásti zachová jako zbytková austenit.
- křivka ochlazování v_k je kritická rychlost martenzitické přeměny a je to nejmenší rychlost ochlazování, kdy je výsledná struktura tvořena pouze martenzitem (může být přítomen zbytkový austenit).

Na tvar a polohu křivek má vliv:

- chemické složení ocelí (přísadové prvky)
- podmínky austenitizace.

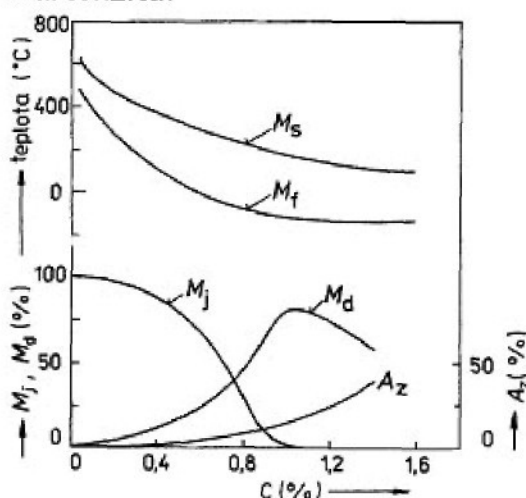
Vzhledem k vlivu těchto činitelů na polohu a tvar diagramů obou druhů (IRA, ARA) se u každého diagramu uvádí: chemické složení, austenitizační teplota, doba setrvání na austenitizační teplotě a velikost zrna austenitu.

Diagramy slouží jako důležitý podklad při tepelném zpracování ocelí.

MARTENZITICKÁ A BAINITICKÁ PŘEMĚNA

Martenzitická přeměna

- z austenitu vzniká bezdifúzní přeměnou nerovnovážný přesycený tuhý roztok uhlíku v železe α , nazývaný **martenzit**
- chemické složení martenzitu je stejné jako složení výchozího austenitu
- krystalová mřížka martenzitu je tetragonální tělesně středěná, intersticiální atomy uhlíku uzavřené v mřížce martenzitu působí silným zpevňovacím účinkem, proto se s vyšším obsahem C výrazně zvětšuje pevnost a tvrdost martenzitu.

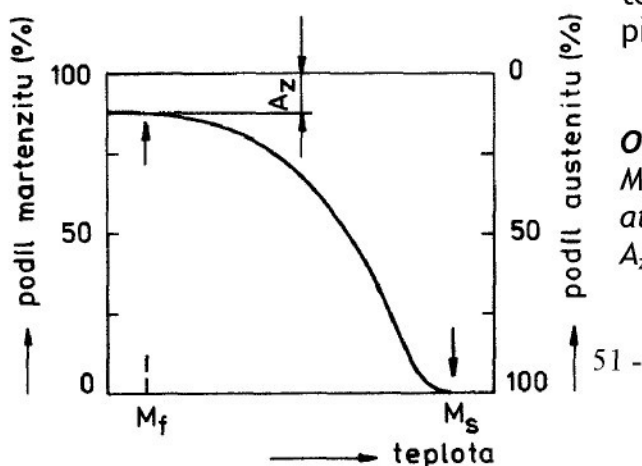


Obr.: Vliv obsahu uhlíku na teploty M_s a M_f , na množství jehlicového (M_j) a deskového (M_d) martenzitu a na množství zbytkového austenitu (A_z) po ochlazení na pokojovou teplotu.

Produktem přeměny v uhlíkových ocelích proto může být

- **dislokační martenzit** jehlicové morfologie - substrukturu tvoří spleť dislokací (je pevný a houževnatější)
- **dvojčatový martenzit**, který má deskovou morfologii (je pevnější, ale méně houževnatý).
- vysoká hustota mřížkových poruch je příspěvkem k vysoké pevnosti martenzitu
- martenzitická přeměna začíná při teplotě M_s , která je nezávislá na rychlosti ochlazování.
- snižováním teploty vzrůstá množství martenzitu, závislost množství martenzitu na teplotě se nazývá **martenzitická křivka** a teplota M_f udává

teplotu ukončení martenzitické přeměny.

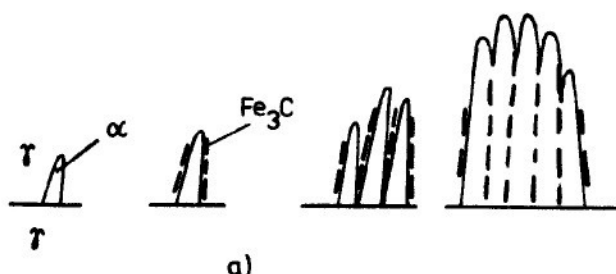


Obr.: Martenzitická křivka oceli: M_s , M_f - teplota začátku a konce atermické martenzitické přeměny; A_z množství zbytkového austenitu.

- M_f udává teplotu, pod níž je rozsah atermické martenzitické přeměny zanedbatelný.
- austenit, který zůstal po ochlazení ve struktuře, se označuje jako **zbytkový austenit**, pomalejším ochlazováním se zvětší jeho obsah, se vzrůstajícím množstvím zbytkového austenitu klesá tvrdost oceli.
- na polohu teplotního intervalu $M_s - M_f$, v němž probíhá martenzitická přeměna, i na množství zbytkového austenitu ve struktuře po ochlazení má významný vliv chemické složení austenitu (uhlík - výrazně snižuje teploty).

Bainitická přeměna

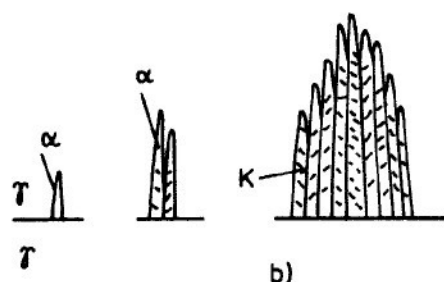
- přeměnou přechlazeného austenitu za teplot $\approx 550^\circ\text{C}$ až M_s vzniká nelamelární feriticko - karbidická směs - **bainit**.
- základem bainitické přeměny je přeměna plošně středěné mřížky železa γ v tělesně středěnou mřížku železa α (některé její rysy odpovídají martenzitické, některé naopak perlitické přeměně)
- rozsah izotermické bainitické přeměny závisí na teplotě přeměny - **bainitická křivka** (obdobu martenzitické křivky).
- přeměna se může zastavit za přítomnosti určitého množství netransformovaného austenitu.
- přeměně perlitické se vznik bainitu podobá především malou rychlostí růstu bainitického feritu.
- **struktura bainitu** se výrazně mění s teplotou přeměny i s chemickým složením austenitu, základní druhy jsou
- horní bainit (ocel s obsahem C nad $\approx 0,6\%$)



- dolní bainit (teploty vyšší než $\approx 350^\circ\text{C}$, 350 až M_s)

Obr.: Schéma tvorby bainitu ve středně uhlíkové oceli:

- a) vznik horního bainitu,
b) vznik dolního bainitu; α - bainitický ferit; γ austenit; K - karbid ϵ , popř. cementit.



- strukturu horního bainitu tvoří svazky hrubších jehlic bainitického feritu, s podélně uspořádanými částicemi cementitu, které jsou vyloučeny hlavně na povrchu jehlic
- strukturu dolního bainitu tvoří svazky tenkých desek

bainitického feritu, které obsahují velké množství jemných karbidů, vyloučených podél určitých rovin bainitického feritu

- nedosahuje tvrdosti martenzitické struktury, houževnatost je však výrazně vyšší, ale v porovnání s lamelárními strukturami perlitického typu jsou pevnostní vlastnosti bainitu vyšší.

11. CVIČENÍ

TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ OCELI

záměrné využívání fázových a strukturních přeměn v tuhém stavu ke změně struktury a k získání požadovaných mechanických nebo technologických vlastností výrobku.

- jde o ohřev oceli na určitou teplotu, výdrž na teplotě a ochlazování určitou rychlostí tak, že požadované změny struktury a vlastnosti oceli se dosáhne změnami teploty.

Druhy tepelného zpracování:

Tepelné zpracování (rovnovážné a nerovnovážné)

Chemicko - tepelné zpracování - účinkem se změní chemické složení oceli

Tepelněmechanické zpracování - plastická deformace

TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ - ROVNOVÁŽNÉ

žíhání, jehož cílem je dostatečně se přiblížit rovnovážnému stavu oceli, rozdělení žíhání

- bez překrystalizace
- s překrystalizací.

Žíhání bez překrystalizace

- dochází ke strukturním změnám v oceli - sferoidizace (žíhání na měkko), koagulace (zrážení), zotavování, rekrystalizace

- nejčastěji používané způsoby:

žíhání ke snížení pnutí

rekrystalizační žíhání

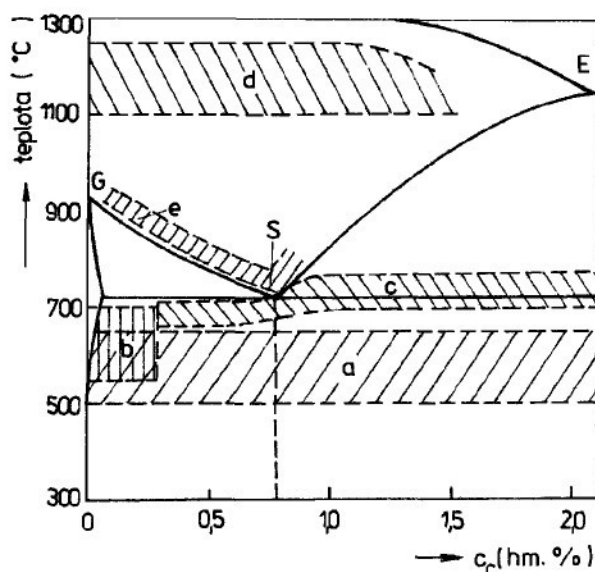
žíhání na měkko

Žíhání ke snížení pnutí

- vnitřní pnutí vzniká při rychlém ochlazování, svařování, tváření za studena, třískové obrábění
- podstata snížení vnitřních pnutí spočívá v přeměně pružné deformace na plastickou
- teplota **500 až 650 °C** + **výdrž několik hodin** (oceť tady mají nízkou hodnotu meze kluzu)
- aby se zabránilo vzniku nových vnitřních pnutí, výrobky se ochlazují pomalu (v peci) s dalším dochlazením na vzduchu.

Žíhání rekrystalizační

- účelem je odstranit důsledky předchozího tváření za studena a obnovit tvárné vlastnosti oceli
- teplota **550 až 700 °C** + **výdrž 1 až 5 hodin** (závisí na druhu oceli, stupni tváření a požadovaných vlastnostech vyžíhané oceli)
- používá se jako mezioperační žíhání.



Obr.: Oblasti žíhacích teplot v rovnovážném diagramu Fe - Fe₃C; žíhání: a) ke snížení pnutí, b) rekrytalizační, c) naměkko, d) homogenizační, e) normalizační.

Žíhání na měkko

- účelem je snížení tvrdosti a zlepšení obrobitelnosti oceli
- teplota 680 až 720 °C + výdrž asi 4 hodiny i více
- výrobky se ochlazují pomalu v peci s dalším dochlazením na vzduchu.

Žíhání s překrytalizací

- účelem je dosažení nižší úrovně chemické nehomogenity oceli a větší rovnoměrnosti struktury
- nejčastěji používané způsoby:

žíhání homogenizační

normalizační žíhání

žíhání izotermické

Žíhání homogenizační (difúzní)

- zmenšuje se chemická heterogenita, která vzniká například při tuhnutí odlitků
- teplota 1 100 až 1 250 °C + výdrž 5 až 15 hodin podle velikosti odlitku, někdy i desítky hodin.

Normalizační žíhání (normalizace)

- používá se pro odstranění nestejnoměrné struktury, např. u výkovků, výlisků, odlitků nebo svařovaných předmětů
- teplota 30 až 50 °C nad A_{c3} + výdrž 1 hodinu na každých 25 [mm] tloušťky stěny
- ochlazování na klidném vzduchu

Izotermické žíhání

- účelem je snížení pevnosti a zlepšení obrobitelnosti ocelí
- teplota nad A_{c3} (podeutektoidní oceli) nebo nad A_{c1} (nadeutektoidní oceli)
- rychlé ochlazování proudem vzduchu
- použití je podmíněno znalostí diagramu IRA příslušné oceli

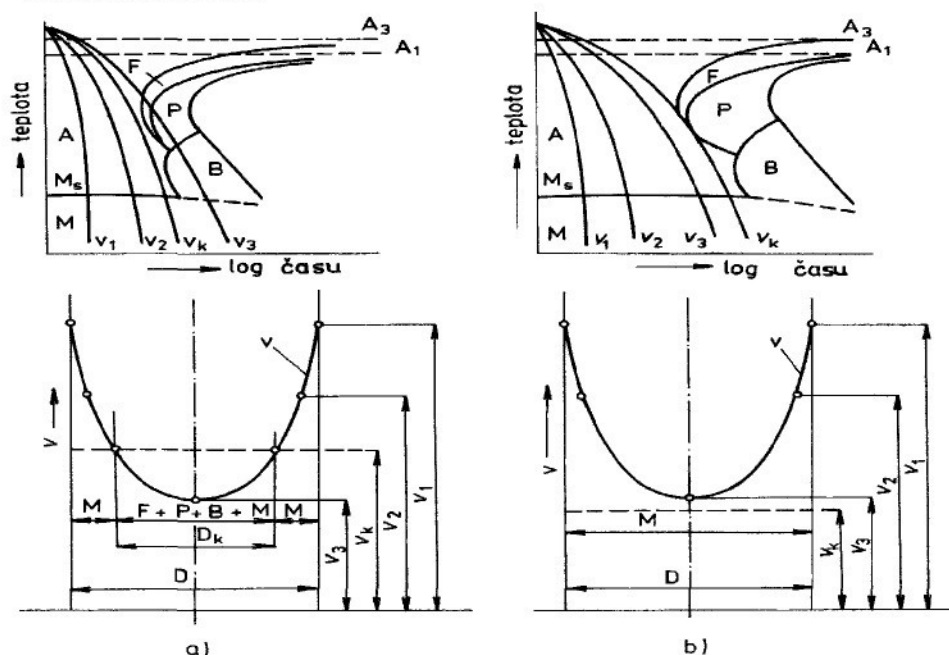
Kombinované žíhání

- normalizační žíhání + žíhání bez překrystalizace (žíhání na měkko nebo žíhání ke snížení pnutí)

TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ - NEROVNOVÁŽNÉ

kalení je způsob tepelného zpracování, jehož cílem je dosáhnout stavu odlišného od rovnovážného stavu oceli, rozdělení kalení

- kalení martenzické
- kalení bainitické



Obr.: Schéma průběhu ochlazování válcového tělesa při martenzickém kalení (v diagramu ARA) a vztah mezi kritickou rychlostí ochlazování v_k a skutečnou rychlostí ochlazování v řezu tělesem:

a) uhlíková ocel,

b) legovaná ocel;

A - austenit; F - ferit; P - perlit; B - bainit; M - martenzit.

Zakalitelnost - nejvyšší dosažitelná tvrdost ocelí, která je dána tvrdostí martenzitu, s vyšším obsahem C roste. Zakalitelnost může ovlivnit i zbytkový austenit.

Prokalitelnost - schopnost oceli dosáhnout tvrdosti odpovídající její zakalitelnosti v určité hloubce pod povrchem kalného výrobku.

Kritický průměr D_k - průměr válce, v jehož středu je rychlost ochlazování rovna kritické rychlosti v_k .

Kalicí teplota - podeutektoidní oceli 30 až 50 °C nad A_{c3} (po zakalení mají strukturu tvořenou martenzitem a zbytkovým austenitem, zrno austenitu zvyšováním kalicí teploty může zvětšit □ snížení houževnatosti oceli a vzrůst vnitřních pnutí)

PŘÍLOHA Č. 2

- nadeutektoidní oceli 30 až 50 °C nad A_{c1} (hrubozrnné oceli - zrna rostou již po malém překročení kritické teploty, jemnozrnné oceli - zachovávají malou velikost zrna)

- přísady Al, Ti, Zr, V omezují růst austenitu.

Kalici prostředí - voda, vodní roztoky - vznik vnitřních pnutí
olej (minerální) - nižší tvorba vnitřních pnutí
nebo vzduch - samokalitelné oceli.

Martenzitické kalení do studené lázně

- voda, oleje nebo vzduch.

Přerušované (lomené) kalení

- kombinace voda - vzduch, nebo olej - vzduch.

Termální kalení

- menší vnitřní pnutí.

Izotermické zušlechťování

- pnutí se vyrovnávají v teplé lázni.

Kalení se zmrazováním

- teplota pod bodem mrazu - menší podíl zbytkového austenitu.

Popouštění

- následuje po kalení

- cílem je dosáhnout stavu bližšího rovnovážnému stavu oceli

- teplota **nižší než A_1 + výdrž a ochlazování** vhodnou rychlostí

- popouštění při nízkých teplotách: teploty 100 až 300 °C, účelem je snížit úroveň vnitřních pnutí, zmenšit podíl zbytkového austenitu, zlepšit houževnatost při zachování vysoké tvrdosti.

- popouštění při vysokých teplotách: teploty 400 až 650 °C, zvyšováním teploty klesá tvrdost, pevnost, mez kluzu a zvětšuje se plasticita a houževnatost.

Povrchové kalení

- cílem je zvýšit tvrdost povrchu při zachování dostatečně houževnatého jádra kaleného předmětu.

Indukční povrchové kalení

- ohřev a následující zakalení povrchové vrstvy se provádí buď jednorázovým (ohřeje se celý povrch, potom ochlazení), nebo postupným způsobem (ohřeje se pouze pruh, který se hned ochladí, pak se to opakuje, pohybuje se buď předmět nebo induktor).

Povrchové kalení plamenem

- plamen z kyslíko - acetylenového hořáku

- podobně jako indukční

- nižší náklady.

12.CVIČENÍ

CHEMICKO-TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ

difúzní sycení povrchu oceli různými prvky (kovy i nekovy), s cílem dosáhnout rozdílných mechanických, nebo fyzikálněchemických vlastností povrchu a jádra součásti, patří sem

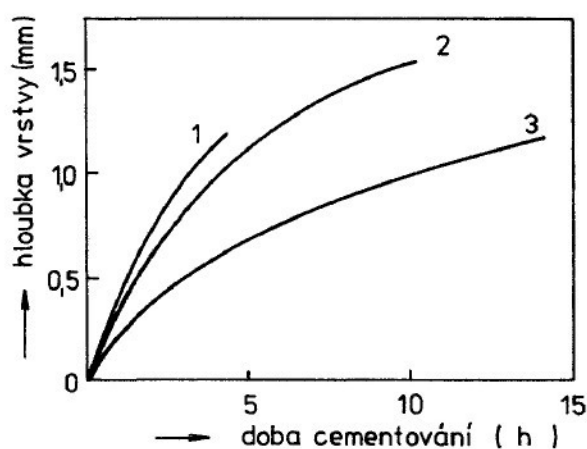
- *cementování* - sycení povrchu uhlíkem,
- *nitridování* - sycení povrchu dusíkem,
- *nitrocementování, karbonitridování* - uhlíkem i dusíkem.

Cementování

- cílem je získat vysokou tvrdost a odolnost povrchu proti opotřebení a houževnaté jádro
- cementují se převážně nízkouhlíkové oceli (0,1 až 0,3 % C) a povrchová vrstva se obohatí uhlíkem na eutektoidní, popř. těsně nadeutektoidní koncentraci (do 0,8 až 1,0 % C)
- teploty 850 až 950 °C

Cementování v sypkém prostředí (v prášku)

- prášková směs mletého dřevěného uhlí a 7 až 20 % uhličitanu barnatého BaCO_3 (nebo NaCO_3 , CaCO_3)
- oxid uhelnatý se ve styku s povrchem oceli rozkládá na oxid uhličitý a uhlík podle rovnice:



Obr.: Závislost hloubky cementované vrstvy na době cementování (při 900 °C):

1 - v lázni, 2 - v plynu, 3 - v prášku.

Cementování v plynném prostředí

- směsi plynů CO , CO_2 , CH_4 , H_2 , H_2O .

Cementování v kapalném prostředí

- lázně roztavených chloridových solí s přísadou Na_2CO_3 a SiC
- cementační vrstvy: tenké - do 0,5 mm,
střední - do 1,5 mm
tlusté - nad 1,5 mm

Tepelné zpracování po nauhličení

podle druhu cementační oceli, použitého postupu cementování a úrovně provozního zatěžování cementované součásti se volí různé způsoby kalení:

- přímé kalení z cementační teploty,
- kalení s přichlazením,
- dvojité kalení,
- izotermické kalení.

Přímé kalení z cementační teploty

- při cementování v plynném nebo kapalném prostředí
- získáme hrubou martenzitickou strukturu
- vznik vnitřních pnutí a deformací součástí.

Kalení s přichlazením

- používá se pro omezení deformací
- z cementační teploty se ochladí na teplotu 750 až 780 °C a zakalí
- sníží se počet vnitřních pnutí
- překrystalizací při ochlazování pod A_1 a novém ohřevu na kalicí teplotu se struktura austenitu zjemní. Kalí se buď z teploty nad A_{c3} (správná kalicí teplota pro jádro), nebo z teploty A_{c1} (správná kalicí teplota pro povrch).

Dvojité kalení

- 1. kalení z teploty nad A_{c3} - zjemní se zrno a rozpustí sekundární cementit povrcové vrstvy
- 2. kalení z teploty nad A_{c1} - získá se jemný martenzit, jádro obsahuje určitý podíl feritu, má však jemnou strukturu.

Izotermické kalení

- pro tvarově složité součásti
- lze použít také v kombinaci s přichlazením
- nižší úroveň vnitřních pnutí, tvrdost je nižší než po přímém kalení.

Na závěr tepelného zpracování cementované součásti se **popouštějí** při nízkých teplotách 150 až 200 °C, po dobu 1 až 2 hodiny pro snížení vnitřních pnutí. Tvrdost dosahuje 60 až 620 HRC.

Použití: ozubená kola, řetězová kola, kladky, drážkové hřídele, čepy

Nitridování

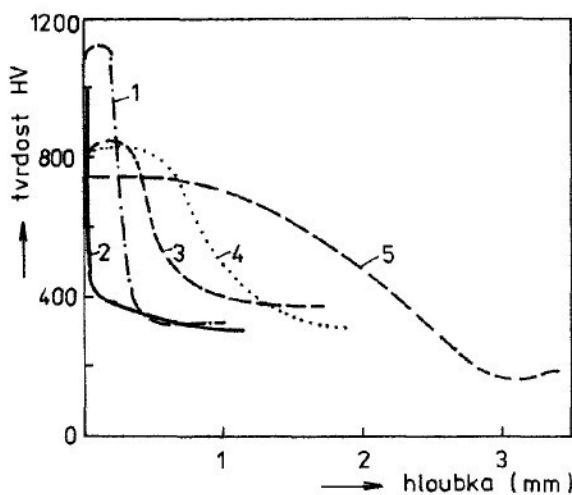
- cílem je získat vysokou tvrdost a houževnatý jádro
- bez následujícího tepelného zpracování
- teplota 500 až 550 °C na koncentraci 12 % N
- v plynném prostředí, zdrojem dusíku je plynný čpavek
 $2 \text{NH}_3 \rightarrow 2 \text{N} + 3 \text{H}_2$
- tloušťka vrstvy 0,2 až 0,6 mm
- doba nitridování až 60 hodin v důsledku nízké teploty
- tvrdost povrchu 1 000 až 1 200 HV

Nitrocementování

- sycení povrchu se uskutečňuje v okolí teploty A_3 oceli a na vlastnosti vrstvy má převládající vliv uhlík
- po nasycení povrchu se součásti kalí
- teplota 820 až 840 °C v atmosféře, kterou je směs uhlovodíku a čpavku
- hloubka vrstvy 0,3 až 0,4 mm
- doba nitrocementování 1 až 2 hodiny
- tvrdost vrstvy 700 až 800 HV

Karbonitridování

- sycení povrchu se uskutečňuje za teploty pod A_1 , na vlastnosti vrstvy má převládající vliv dusík
- po nasycení povrchu se součásti podobně jako při nitridaci nekalí
- teplota 600 až 630 °C
- doba karbonitridování 4 hodiny
- tloušťka vrstvy $\approx 0,05$ mm
- tvrdosti až 1 000 HV



Obr.: Tvrdost a hloubka povrchové vrstvy:

- 1 - nitridované,
- 2 - karbonitridované,
- 3 - nitrocementované,
- 4 - cementované,
- 5 - povrchově kalené.

TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ LITIN

Tepelné zpracování bílé litiny

temperování

- grafitizace ledeburitického, popř. perlitického cementitu, nebo oduhličování bílé litiny
- cílem je odstranění tvrdé a křehké fáze - cementitu

PŘÍLOHA Č. 2

- můžeme získat tři druhy temperované litiny:

temperovanou litinu s černým lomem

temperovanou litinu s bílým lomem

temperovanou litinu perlitickou

temperovaná litina s černým lomem

- 1. stupeň grafitizace - teploty 950 až 1 000 °C

- 2. stupeň grafitizace - teploty pod $A_{1,1}$

- doba temperování 25 až 30 hodin

- pomalé ochlazování

- výsledná struktura: ferit + vločkový grafit

temperovaná litina s bílým lomem

- není tam grafit

- teploty 1 000 až 1 050 °C

- tenkostěnné odlitky tloušťka stěny ≈ 6 mm, ≈ 60 hodin

- výsledná struktura: ferit - tenkostěnné, ferit na povrchu, perlit + grafit v jádře - tlustostěnné

temperovaná litina perlitická

- výsledná struktura je tvořena lamelárním perlitem a vločkovým grafitem

Tepelné zpracování grafitických litin

- cílem je snížení vnitřních pnutí, zlepšení obrobitelnosti nebo zvýšení tvrdosti a odolnosti povrchu odlitku proti opotřebení

Žihání

- dosáhnout rovnovážného stavu, nebo se alespoň k němu přiblížit

žihání ke snížení vnitřních pnutí

- teplota 600 až 650 °C

- doba setrvání 1 až 2 hodiny

- pomalé ochlazování v peci

žihání ke snížení tvrdosti

- teplota 850 až 950 °C

- doba setrvání několik hodin

- následné ochlazování

normalizační žihání

cílem je zvýšit pevnost a tvrdost

teplota 850 až 900 °C

ochlazování volně na vzduchu

Kalení

- dosáhnout nerovnovážného stavu

martenzitické kalení

- studená lázeň (olej, voda), teplá lázeň 50 až 80 °C nad teplotu $A_{1,2}$

- vyšší teplota - víc uhlíku v austenitu, víc zbytkového austenitu, menší tvrdost

povrchové kalení

- cílem je zvýšení odolnosti povrchu proti opotřebení

- kalení indukční nebo plamenem, prostředí voda nebo olej

- hloubka zakalené vrstvy 1 až 5 mm

- vačky, čepy hřídelů, zuby ozubených kol

PŘÍLOHA Č. 2

zušlechťování

- cílem je zvýšit pevnost, tvrdost a odolnost proti opotřebení
- olej
- ojnice automobilových spalovacích motorů

izotermické zušlechťování

- cílem je zvýšit pevnost, tvrdost a odolnost proti opotřebení
- teplota 50 až 80 °C nad $A_{1,2}$
- doba setrvání 1 až 3 hodiny
- rychlost ochlazování vyšší než v_k , dochlazení na vzduchu
- výhoda: nízká úroveň vnitřních pnutí
- odlitky se nepopouštějí
- vložky válců spalovacích motorů, ozubená kola

TEST K 2. CVIČENÍ

- 1 Studium metalografických vzorků pomocí světelné mikroskopie se provádí ve světle:
Odpověď: ☐ a. procházejícím
☒ b. odraženém
☐ c. odraženém i procházejícím
- 2 Celkové zvětšení světelného mikroskopu je dáno:
Odpověď: ☐ a. součtem zvětšení jednotlivých členů (objektivu a okuláru)
☐ b. rozdílem zvětšení jednotlivých členů (objektivu a okuláru)
☒ c. součinem zvětšení jednotlivých členů (objektivu a okuláru)
- 3 Pro posouzení jakosti objektivu slouží numerická apertura, která je tím větší:
Odpověď: ☒ a. čím větší je index lomu použitého prostředí a čím větší je otvorový úhel
☐ b. čím menší je index lomu použitého prostředí a čím větší je otvorový úhel
☐ c. čím větší je index lomu použitého prostředí a čím menší je otvorový úhel
- 4 Požadavkem pro dosažení kvalitního obrazu struktury a vysoké rozlišovací schopnosti u optické mikroskopie je:
Odpověď: ☐ a. urychlení co největšího množství elektornů v potenciálovém poli
☒ b. dostatečný kontrast a optimální množství odraženého světla od jednotlivých detailů ve struktuře
☐ c. vyleštěný vzorek
- 5 Cílem metalografického výbrusu je:
Odpověď: ☐ a. opravit plochu vzorku, aby byla rovná a lesklá
☐ b. vyleštit vzorek do největšího lesku pro dobrý odraz na mikroskopu
☒ c. zvýraznit jednotlivé strukturní složky a mezifázová rozhraní tak, aby jejich povrch získal rozdílnou schopnost odrážet světlo

- 6 Rozdíl mezi transmisní a řádkovací elektronovou mikroskopií:
Odpověď: ☐ a. není žádný

☐ b. závisí na množství dopadajících elektronů

☒ c. je v principiálním vzniku obrazu a jeho kontrastu

- 7 Rozlišovací schopnost u transmisní elektronové mikroskopie (TEM) se zvětšuje:

Odpověď: ☐ a. přidáním dalšího svazku elektronů

☐ b. snížením urychlovacího napětí

☒ c. zkrácením vlnové délky elektronů

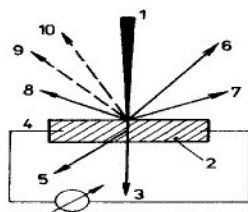
- 8 Transmisní elektronová mikroskopie (TEM) je velice náročná na přípravu vzorků, ale umožňuje nám studium vnitřní struktury vzorku:

Odpověď: ☒ a. dislokace, precipitáty, mřížku, počátek vzniku fází

☐ b. vrstvené chyby, elektrony, chemické příměsi

☐ c. hustota a rozložení poruch, lomové plochy, orbitály

- 9 Rastrovací elektronová mikroskopie (REM) využívá paprsky elektronů:



Odpověď: ☐ a. 1 a 8

☒ b. 1, 6 a 7

☐ c. 1, 3 a 5

- 10 Rastrovací elektronová mikroskopie (REM) je velice vhodná pro pozorování lomových ploch, protože:

Odpověď: ☒ a. má vysokou rozlišovací schopnost a velkou hloubku ostrosti

☐ b. vzorek může mít relativně velké rozměry, není nutno ho preparovat zvláštními technikami a ani nemusí být vodivý

☐ c. sekundární a absorbované elektrony jsou emitovány z objemu materiálu

TEST K 3. CVIČENÍ

- 1 Počet krystalových struktur je:
Odpověď: ☒ a. velký
☐ b. 14
☐ c. 7
- 2 Strukturní buňka kubické mřížky plošně středěné obsahuje:
Odpověď: ☒ a. 4 částice
☐ b. 8 částic
☐ c. 2 částice
- 3 Bodové poruchy mají značný vliv na řadu fyzikálních vlastností, například elektrický odpor se se zvyšující hustotou bodových poruch:
Odpověď: ☒ a. zvyšuje
☐ b. snižuje
☐ c. nemění
- 4 Vakance je typ bodové poruchy, kdy:
Odpověď: ☐ a. částice se vyskytuje v intersticiální poloze
☐ b. částice je mírně vychýlena z uzlového bodu
☒ c. uzlový bod není obsazen částicí
- 5 Schottkyho porucha vzniká, když se částice:
Odpověď: ☒ a. uvolní ze svého uzlového bodu v mřížce a obsadí uzlový bod na povrchu krystalu
☐ b. vsune do intersticiální polohy
☐ c. vychýlí z uzlové polohy
- 6 Počet vakancí s rostoucí teplotou:
Odpověď: ☐ a. klesá
☒ b. roste
☐ c. nemění se

- 7 Hranová dislokace:
Odpověď: ☐ a. Burgersův vektor je rovnoběžný s dislokační čarou
☒ b. Burgersův vektor je kolmý k dislokační čáře
☐ c. Burgersův vektor se může někdy jevit jako kolmý, někdy jako rovnoběžný v závislosti na teplotních podmínkách

- 8 Burgersova smyčka je v neporušené oblasti krystalu:
Odpověď: ☐ a. otevřená
☒ b. uzavřená
☐ c. polouzavřená

- 9 Vysoká hustota dislokací v materiálu se může projevit:
Odpověď: ☐ a. snížením vnitřního pnutí
☐ b. lepší tvářitelností
☒ c. zvýšením křehkosti

- 10 Mezi plošné poruchy patří:
Odpověď: ☐ a. dislokace, vakance
☐ b. vakance, vrstvené chyby
☒ c. vrstvené chyby

TEST K 4. CVIČENÍ

- 1 Mechanické zkoušky statické jsou takové, kde:
Odpověď: ☐ a. zátěžná síla je konstantní
☒ b. zátěžná síla plynule roste
☐ c. zatěžovací rychlost se plynule mění

- 2 Smluvní jmenovité napětí R je poměr mezi:
Odpověď: ☒ a. F/S_o
☐ b. F/S
☐ c. F_o/S_o

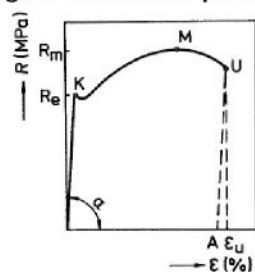
- 3 Hookův zákon:
Odpověď: ☒ a. $R = E \cdot \epsilon$
☐ b. $\epsilon = E \cdot R$
☐ c. $\epsilon = E / R$

- 4 Tažnost se vypočte podle vorce:
Odpověď: ☒ a. $A = 100 (L_u - L_o)/L_o (\%)$
☐ b. $A = 100 (L_o - L_u)/L_u (\%)$
☐ c. $A = 100 (L_u - L_o)/L_u (\%)$

- 5 Kontrakce se vypočte podle vzorce:
Odpověď: ☐ a. $Z = 100 (S_o - S_u)/S_u (\%)$
☐ b. $Z = 100 (S_u - S_o)/S_u (\%)$
☒ c. $Z = 100 (S_o - S_u)/S_o (\%)$

- 6 Mez kluzu je napětí, při němž se v materiálu objevují první plastické deformace. V praxi se zavádí smluvní mez kluzu, což je napětí, které zanechá trvalou deformaci tyče:
Odpověď: ☒ a. $0,2\% L_o$
☐ b. $0,002\% L_o$
☐ c. $0,005\% L_o$

- 7 Místní deformace pro zkoušku tahem se nachází v dané části grafu v oblasti pod křivkou:



Odpověď:

- ☒ a. od bodu M do bodu U
☐ b. od počátku do bodu M
☐ c. od počátku do bodu U

- 8 S rostoucím vrubovým účinkem se mění tvar pracovního diagramu zkoušky tahem:

Odpověď:

- ☒ a. zvětšuje se mez kluzu a pevnost a zmenšuje se tažnost
☐ b. zvětšuje se mez kluzu a tažnost a zmenšuje se pevnost
☐ c. zvětšuje se tažnost a pevnost a zmenšuje se mez kluzu

- 9 Zkouška tahem se používá pro materiály:

Odpověď:

- ☐ a. tvárné
☐ b. křehké
☒ c. všechny

- 10 Žáruvzdornost se posuzuje podle:

Odpověď:

- ☐ a. meze pevnosti v tahu
☐ b. meze únavy
☒ c. meze tečení

TEST K 5. CVIČENÍ

1	Tlakovou zkouškou se hodnotí mez únavy.	Odpověď: ☐ Pravda ☒ Nepravda
2	Šedá litina, ložiskové kovy a kompozice se při zkoušce tlakem přetvoří, ale neporuší.	Odpověď: ☐ Pravda ☒ Nepravda
3	Zkouška tlakem se používá pro stavební hmoty.	Odpověď: ☒ Pravda ☐ Nepravda
4	Z průhybu tyče u zkoušky ohybem se dá usuzovat na houževnatosti materiálu.	Odpověď: ☒ Pravda ☐ Nepravda
5	Spájené a svarové spoje se nejčastěji hodnotí zkouškou ohybem.	Odpověď: ☒ Pravda ☐ Nepravda
6	Zkouška ohybem se používá pro všechny materiály.	Odpověď: ☐ Pravda ☒ Nepravda
7	Střih je kombinací ohybového a smykového napětí.	Odpověď: ☒ Pravda ☐ Nepravda
8	Podle normy se u zkoušky krutem stanoví z tabulek počet otočení čelistí vůči sobě.	Odpověď: ☐ Pravda ☒ Nepravda

TEST K 6. CVIČENÍ

- 1 U vrypové zkoušky podle Martense je indentorem:
Odpověď: ☒ a. kužel
☐ b. jehlan
☐ c. kulička

- 2 Při stanovování tvrdosti u měkkých materiálů zvolíte u metody podle Brinella:
Odpověď: ☒ a. co největší průměr kuličky a delší dobu působení zátěžné síly
☐ b. co nejmenší průměr kuličky a delší dobu působení zátěžné síly
☐ c. co nejmenší průměr kuličky a krátkou dobu působení zátěžné síly

- 3 Indentor ve tvaru čtyřbokého jehlanu u zkoušky podle Vickerse má vrcholový úhel:
Odpověď: ☐ a. 120°
☐ b. 163°
☒ c. 136°

- 4 Zkouška tvrdosti podle Vickerse je vhodná pro:
Odpověď: ☐ a. heterogenní materiály
☐ b. nepracované povrchy
☒ c. dráty

- 5 Podle indentoru a zátěžné síly se zkouška podle Rockwella dělí na HRC, HRB, HRA. Zátěžná síla pro HRC je:
Odpověď: ☒ a. 1 500 N
☐ b. 1 000 N
☐ c. 600 N

- 6 Průměrnou tvrdost heterogenních materiálů, např. litiny, zjistíme nejlépe měřením tvrdosti podle:
Odpověď: ☐ a. Rockwella
☒ b. Brinella
☐ c. Vickerse
- 7 Provozní zkouška tvrdosti, kdy materiál nemusí mít opracovaný povrch se stanovuje metodou podle:
Odpověď: ☒ a. Rockwella
☐ b. Brinella
☐ c. Vickerse
- 8 Která z vyjmenovaných metod měření tvrdosti je založena na měření hloubky vtisku:
Odpověď: ☒ a. Rockwell
☐ b. Brinell
☐ c. Vickers
- 9 Shoreho skleroskop využívá ke stanovení tvrdosti metodu:
Odpověď: ☐ a. volného pádu
☒ b. pružného odrazu
☐ c. vtiskování kuličky rázem
- 10 Mikrotvrdost :
Odpověď: ☐ a. lze porovnávat s makrotvrdostí
☒ b. nelze porovnávat s makrotvrdostí

TEST K 7. CVIČENÍ

- 1 Všechny dynamické a cyklické zkoušky na měnící se teplotě nezávisí.

Odpověď: ☐ Pravda ☒ Nepravda

- 2 Charpyho kladivo slouží pro únavové zkoušky a pro zkoušky vrubové houževnatosti.

Odpověď: ☐ Pravda ☒ Nepravda

- 3 Wöhlerovou křivkou a Smithovým diagramem se hodnotí odolnost materiálu vůči únavě.

Odpověď: ☒ Pravda ☐ Nepravda

- 4 Technologické zkoušky většinou nepodávají informace o charakteristikách materiálu vyjádřených fyzikální veličinou.

Odpověď: ☒ Pravda ☐ Nepravda

- 5 Slévatelnost je schopnost kovů a slitin tvořit jakostní odlitky, jenž nezávisí na smrštění a zabíhavosti.

Odpověď: ☐ Pravda ☒ Nepravda

- 6 Svařitelnost je schopnost materiálu vytvořit kvalitní svarový spoj a vyjádřuje se ve 4 stupních: zaručená, zaručeně podmíněná, podmíněná a obtížná.

Odpověď: ☐ Pravda ☒ Nepravda

- 7 Při zkoušce tvárnosti plechů dle Erichsena nám trhlina kolmá na směr válcování svědčí o nevhodnosti plechu k tažení.

Odpověď: ☒ Pravda ☐ Nepravda

- 8 Pro zkoušení drátů se používají tři základní technologické zkoušky: zkouška drátů střídavým ohybem, zkouška kroucením a zkouška navíjením.

Odpověď: ☒ Pravda ☐ Nepravda

- 9 Při zkoušce lemováním trubek se musí na trubce vytvořit lem určité šířky, kterou udávají materiálové listy.

Odpověď: ☒ Pravda ☐ Nepravda

- 10 Zkoušky obrobitelnosti závisí na fyzikálních a mechanických vlastnostech obráběného materiálu a nezávisí na geometrii a typu řezného nástroje.

Odpověď: ☐ Pravda ☒ Nepravda

TEST K 8. CVIČENÍ

1 Gibbsův zákon fází zní:

- Odpověď: ☒ a. $v = n + 2 - f$
☐ b. $v = f + 2 - n$
☐ c. $v = n - 2 + f$

2 Tří fázová soustava má:

- Odpověď: ☒ a. 0° volnosti
☐ b. 1° volnosti
☐ c. 2° volnosti

3 Jestliže se v mřížce kovu objeví intersticiální atomy příměsi, znamená to, že:

- Odpověď: ☒ a. vznikl tuhý roztok
☐ b. zanikla strukturní porucha mřížky
☐ c. vznikla chemická sloučenina

4 Binární soustava kovů zcela nerozpustných v tuhém stavu neobsahuje:

- Odpověď: ☐ a. taveninu
☒ b. tuhé roztoky
☐ c. čisté složky

5 Které z následujících tvrzení je správné:

- Odpověď: ☐ a. tuhý roztok složky A a B je vlastně heterogenní sloučenina
☐ b. tuhý roztok má dané chemické složení, které můžeme vyjádřit chemickým vzorcem
☒ c. tuhý roztok je binární homogenní soustava

6 Pokud je soustava invariantní může existovat pouze:

- Odpověď: ☒ a. při jedné hodnotě teploty a tlaku
☐ b. jako trojný bod v jedné fázi
☐ c. ve 2° volnosti a dvou fázích

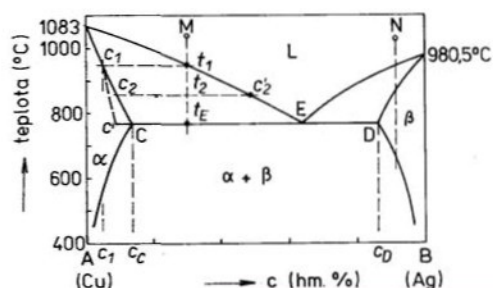
7 Likvidus udává:

- Odpověď: ☐ a. teploty konce krystalizace binárních slitin
☒ b. složení kapalné fáze
☐ c. složení vznikající tuhé fáze

8 Křivky chladnutí a tuhnutí:

- Odpověď: ☐ a. znázorňují v závislosti teploty na tlaku soustavy
☒ b. se používají ke konstrukci rovnovážných diagramů
☐ c. neudávají časový průběh fázové přeměny, jen její počátek a konec

9 Toto je rovnovážný diagram binárních slitin s:



- Odpověď: ☒ a. omezenou rozpustností složek v tuhém stavu
☐ b. úplnou nerozpustností složek v tuhém stavu
☐ c. omezenou rozpustností složek v tekutém stavu

10 Při krystalizaci

- Odpověď: ☐ a. se plynule mění složení krystalů a skokem složení taveniny
☐ b. slitin nevznikají krystaly jedné čisté složky
☒ c. vznikne eutektikum v invariantní soustavě

TEST K 9. CVIČENÍ

- 1 Cementit je metalografický název pro:
Odpověď: ☐ a. slitinu železa a uhlíku
☒ b. chemickou sloučeninu karbid železa
☐ c. tuhý roztok uhlíku v železe alfa
- 2 Ferit je metalografický název pro:
Odpověď: ☒ a. intersticiální tuhý roztok uhlíku v železe alfa
☐ b. intersticiální tuhý roztok uhlíku v železe gama
☐ c. čisté železo
- 3 Které z následujících tvrzení je chybné:
Odpověď: ☐ a. rozpustnost uhlíku v austenitu se mění s teplotou
☒ b. cementit je metastabilní tuhý roztok uhlíku v austenitu
☐ c. primární cementit je z hlediska chemického složení totožný s cementitem eutektoidním
- 4 Ledeburit vzniká:
Odpověď: ☒ a. z taveniny eutektickou reakcí
☐ b. z taveniny eutektoidní reakcí
☐ c. z austenitu eutektickou reakcí
- 5 Množství strukturních složek v procentech, které vzniknou po krystalizaci slitiny Fe-C s obsahem 0,6% C v metastabilní soustavě za normální teploty bude:
Odpověď: ☒ a. F = 25,6% a P = 74,4%
☐ b. C = 25,6% a P = 74,4%
☐ c. A = 25,6% a P = 74,4%

6 Které z následujících tvrzení je chybné:

- Odpověď: ☒ a. metastabilní rovnovážný diagram Fe-C vyjadřuje závislost teploty na hmotnostní koncentraci uhlíku od 0 do 100%
☐ b. stabilní složkou ve stabilní soustavě Fe-C je grafit
☐ c. cementit obsahuje 6,687% uhlíku

7 Perlit je metalografický název pro:

- Odpověď: ☐ a. směs austenitu a feritu
☒ b. eutektoid metastabilní soustavy
☐ c. tuhý roztok feritu a cementitu

8 Po krystalizaci slitiny Fe-C s obsahem 1,2% C v metastabilní soustavě je struktura za normální teploty tvořena:

- Odpověď: ☐ a. feritem a perlitem
☐ b. perlitem a austenitem
☒ c. perlitem a cementitem

9 Primární cementit vzniká:

- Odpověď: ☒ a. z taveniny
☐ b. z austenitu
☐ c. z feritu

10 Slitina železa s 0,4% C je za normální teploty:

- Odpověď: ☒ a. feromagnetický
☐ b. paramagnetický

TEST K 10. CVIČENÍ

1 Transformační diagramy slouží k:

- Odpověď: ☒ a. znázornění přeměny přchlazeného austenitu a udávají vliv teploty a času na průběh přeměny
- ☐ b. znázornění přeměny přchlazeného austenitu a udávají vliv teploty a tlaku na průběh přeměny
- ☐ c. znázornění přeměny přchlazeného perlitu a udávají vliv teploty a času na průběh přeměny

2 IRA diagram slouží k:

- Odpověď: ☐ a. zjištění strukturních fází po nepřetržitém kalení
- ☐ b. stanovení tažnosti materiálu
- ☒ c. pro stanovení teploty bainitické přeměny

3 Bainit je metalografický název pro:

- Odpověď: ☐ a. tuhý roztok uhlíku a feritu
- ☒ b. směs feritu a cementitu
- ☐ c. přesycený tuhý roztok uhlíku v železe α

4 Martenzit a ferit se shodují v tom, že oba:

- Odpověď: ☒ a. jsou tuhými roztoky
- ☐ b. mají stejné množství rozpuštěného uhlíku
- ☐ c. mají stejný objem elementární buňky

5 Které tvrzení nejpřesněji vystihuje ocel:

- Odpověď: ☐ a. slitina železa a jiných prvků s obsahem všech maximálně do 2,11%
- ☒ b. slitina železa, uhlíku do 2,11% a několika dalších prvků
- ☐ c. slitina železa, uhlíku a několika dalších prvků, přičemž obsah uhlíku je vyšší než 2,11%

6 Pod teplotou M_s probíhá:

- Odpověď: ☒ a. bezdifúzní martenzitická přeměna
- ☐ b. izotermický rozpad austenitu na rovnovážný přesycený tuhý roztok uhlíku v železe, nazývaný martenzit
- ☐ c. martenzitická difúzní přeměna

7 ARA diagramy udávají:

- Odpověď: ☒ a. počátky a konce jednotlivých přeměn, získaných plynulým ochlazováním austenitu různou rychlostí
- ☐ b. počátky a konce jednotlivých přeměn, získaných plynulým ochlazováním austenitu stejnou rychlostí
- ☐ c. počátky a konce jednotlivých přeměn, získaných přerušovaným ochlazováním austenitu různou rychlostí

8 Kritická rychlost martenzitické přeměny v_k je charakterizována:

- Odpověď: ☒ a. nejdelším možným časovým intervalem ochlazování, za který bude ještě výsledná struktura tvořena pouze martenzitem (může být přítomen zbytkový austenit)
- ☐ b. největší možnou rychlostí ochlazování, kdy bude výsledná struktura tvořena pouze martenzitem (může být přítomen zbytkový austenit)
- ☐ c. nejkratším časovým intervalem ochlazování, za který bude ještě výsledná struktura tvořena pouze martenzitem (může být přítomen zbytkový austenit)

9 Martenzitická přeměna:

- Odpověď: ☐ a. závisí na rychlosti ochlazování a teplotě
- ☐ b. nezávisí na rychlosti ochlazování a teplotě
- ☒ c. nezávisí na rychlosti ochlazování a závisí na teplotě

10

Bainitickou strukturu dostaneme:

Odpověď: ☐ a. popouštěním martenzitu

☐ b. termálním kalením

☒ c. ochlazením pod 500° C a pak výdrží na teplotě

TEST K 11. CVIČENÍ

1 Obecná charakteristika tepelného zpracování je:

- Odpověď: ☒ a. využití fázových přeměn
☐ b. dosažení rovnovážného stavu oceli
☐ c. snížení vnitřního pnutí a všech pevnostních defektů rychlým ohřevem a následným rychlým ochlazením

2 Globulární perlit vzniká:

- Odpověď: ☐ a. zakalením a popuštěním oceli na vyšší teplotu
☒ b. žháním na měkko
☐ c. homogenizačním žháním

3 Normalizační žhání oceli s 0,5% C provádíme z teploty:

- Odpověď: ☐ a. mezi A_{cm} a A_{c1}
☐ b. nad A_{cm}
☒ c. nad A_{c3}

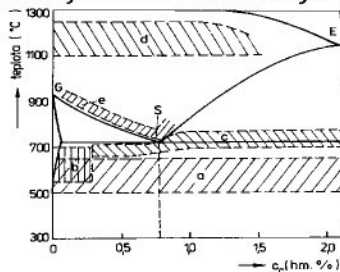
4 Žhání je:

- Odpověď: ☒ a. charakteristické relativně malou ochlazovací rychlostí, zpravidla ne vyšší než odpovídá ochlazení na klidném vzduchu
☐ b. způsob tepelného zpracování, jehož cílem je dosažení nerovnovážných struktur ocelí
☐ c. zařazováno do technologických postupů pouze jako mezioperace

5 Hlavní rozdělení žhání je na žhání:

- Odpověď: ☒ a. s překrystalizací a bez překrystalizace
☐ b. s překrystalizací a rekystalizační
☐ c. rekystalizační a bez překrystalizace

6 Rekrystalizační žíhání je v diagramu znázorněno oblastí:



Odpověď: ☒ a. b

☐ b. c

☐ c. e

7 Kritický průměr D_k je:

Odpověď: ☒ a. průměr válce, v jehož středu je rychlost ochlazování rovna kritické rychlosti

☐ b. průměr válce, v jehož středu je rychlost ochlazování menší než kritická rychlost

☐ c. průměr válce, v jehož středu je rychlost ochlazování větší než kritická rychlost

8 Prokalitelnost je:

Odpověď: ☒ a. schopnost oceli dosáhnout tvrdosti odpovídající její zakalitelnosti v určité hloubce pod povrchem kaleného výrobku

☐ b. nejvyšší dosažitelná tvrdost ocelí, která je dána tvrdostí martenzitu

☐ c. schopnost oceli dosáhnout martenzitického strukturního stavu

9 Kalení oceli s 1% C provádíme z teploty:

Odpověď: ☐ a. nad A_{c3}

☐ b. nad A_{cm}

☒ c. mezi A_{cm} a A_{c1}

10 Popouštění se skládá z:

Odpověď: ☒ a. ohřevu na teploty nižší než je A_1 , výdrže na teplotě a z následujícího ochlazování vhodnou rychlostí

☐ b. ohřevu na teploty vyšší než je A_3 , výdrže na teplotě a z následujícího ochlazování vhodnou rychlostí

☐ c. ohřevu na teploty vyšší než je A_1 , kolísání okolo této teploty a z následujícího ochlazování vhodnou rychlostí

TEST K 12. CVIČENÍ

- 1 Cementace je bezdifúzní sycení povrchu uhlíkem.

Odpověď: ☐ Pravda ☒ Nepravda

- 2 Cementují se převážně vysokouhlíkové oceli.

Odpověď: ☐ Pravda ☒ Nepravda

- 3 Na závěr tepelného zpracování se cementované součásti popouštějí při nízkých teplotách.

Odpověď: ☒ Pravda ☐ Nepravda

- 4 Nitridováním chceme získat vysokou povrchovou tvrdost a houževnaté jádro.

Odpověď: ☒ Pravda ☐ Nepravda

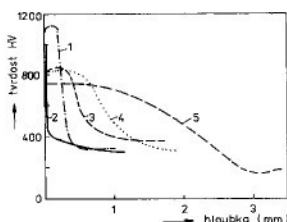
- 5 Nitrocementování se uskutečňuje v okolí teploty A1.

Odpověď: ☐ Pravda ☒ Nepravda

- 6 U karbonitridování má na vlastnosti vrstvy převládající vliv uhlík.

Odpověď: ☐ Pravda ☒ Nepravda

- 7 Křivka 5 znázorňuje závislost tvrdosti na hloubce u povrchově kalené součásti.



Odpověď: ☒ Pravda ☐ Nepravda

- 8 Cílem tepelného zpracování bílé litiny tzv. temperování je odstranění tvrdé a křehké fáze cementitu.

Odpověď: ☒ Pravda ☐ Nepravda

PŘÍLOHA Č. 4

DOTAZNÍK PRO STUDENTY

Cílem tohoto dotazníku je zjistit, jak se vám pracovalo a učilo v tomto online prostředí.

Nejsou zde žádné 'správné' nebo 'špatné' odpovědi, zajímá mne pouze váš názor. Prosím, buďte si jistí, že s vašimi odpověďmi budu nakládat velice důvěrně a žádným způsobem neovlivní vaše hodnocení.

Děkuji za pečlivé a uvážené vyplnění tohoto dotazníku. Vaše odpovědi mi pomohou vylepšit online výuku tohoto kurzu v budoucnosti. Veškeré vaše odpovědi známkujte jako ve škole od jedničky do pětky. 1 je pro vás nejlepším způsobem, či možností a 5 tím nejhorším.

Nyní se pokuste obodovat následující způsoby zopakování látky z daného tématu podle jednotlivých kritérií.
(1 je nejlepší způsob a 5 nejhorší)

1. samostatná práce (samostudium, dohledávání materiálů, apod.) z hlediska
časové efektivity je pro vás:
hloubky porozumění je pro vás:
příjemnosti práce je pro vás:
2. shrnutí přednášené látky na konci tématických okruhů z hlediska
časové efektivity je pro vás:
hloubky porozumění je pro vás:
příjemnosti práce je pro vás:
3. samostatné projekty na dané téma z hlediska
časové efektivity je pro vás:
hloubky porozumění je pro vás:
příjemnosti práce je pro vás:
4. úkoly a referáty z probrané látky z hlediska
časové efektivity je pro vás:
hloubky porozumění je pro vás:

PŘÍLOHA Č. 4

příjemnosti práce je pro vás:

5. počítačová aplikace tohoto typu z hlediska

časové efektivity je pro vás:

hloubky porozumění je pro vás:

příjemnosti práce je pro vás:

6. Pokuste se vyjádřit jakou měrou Vám tento kurz přišel přehledný a srozumitelný

(1 = nejvíce, 2, 3, 4, nebo 5 = nejméně)

7. Pokuste se vyjádřit jakou měrou Vám tato aplikace pomohla s utříděním znalostí z oboru nauka o materiálu I

(1 = nejvíce, 2, 3, 4, nebo 5 = nejméně)

8. Pokuste se vyjádřit jakou měrou Vám tato aplikace pomohla s přípravou na zkoušku z NMI

(1 = nejvíce, 2, 3, 4, nebo 5 = nejméně)

9. Zkuste formulovat, nakolik jste v této aplikaci postrádal/a diskusi s ostatními studujícími nad danou problematikou

(1 = nejvíce, 2, 3, 4, nebo 5 = nejméně)

10. Zkuste formulovat, nakolik jste v této aplikaci postrádal/a diskusi s učiteli/em nad danou problematikou

(1 = nejvíce, 2, 3, 4, nebo 5 = nejméně)

11. Uvítal/a byste použití obdobné aplikace i v dalších předmětech a v jakých?

12. Máte nějaké další připomínky?

PŘÍLOHA Č. 4

DOTAZNÍK PRO VYUČUJÍCÍ

Cílem tohoto dotazníku je zjistit, jak se vám pracovalo a učilo v tomto online prostředí.

Nejsou zde žádné 'správné' nebo 'špatné' odpovědi, zajímá mne pouze váš názor. Prosím, buďte si jistí, že s vašimi odpověďmi budu nakládat velice důvěrně.

Děkuji za pečlivé a uvážené vyplnění tohoto dotazníku. Vaše odpovědi mi pomohou vylepšit online výuku tohoto kurzu v budoucnosti. Veškeré vaše odpovědi známkuje jako ve škole od jedničky do pětky. 1 je pro vás nejlepším způsobem, či možností a 5 tím nejhorším.

Nyní se pokuste obodovat následující způsoby zopakování látky z daného tématu podle jednotlivých kritérií.
(1 je nejlepší způsob a 5 nejhorší)

1. samostatná práce (samostudium, dohledávání materiálů, apod.) z hlediska
časové efektivity je pro vás a studenty:
hloubky porozumění je pro vás a studenty:
příjemnosti práce je pro vás a studenty:
2. shrnutí přednášené látky na konci tématických okruhů z hlediska
časové efektivity je pro vás a studenty:
hloubky porozumění je pro vás a studenty:
příjemnosti práce je pro vás a studenty:
3. samostatné projekty na dané téma z hlediska
časové efektivity je pro vás a studenty:
hloubky porozumění je pro vás a studenty:
příjemnosti práce je pro vás a studenty:
4. úkoly a referáty z probrané látky z hlediska
časové efektivity je pro vás a studenty:
hloubky porozumění je pro vás a studenty:
příjemnosti práce je pro vás a studenty:

PŘÍLOHA Č. 4

5. počítačová aplikace tohoto typu z hlediska

časové efektivity je pro vás a studenty:

hloubky porozumění je pro vás a studenty:

příjemnosti práce je pro vás a studenty:

6. Pokuste se vyjádřit jakou měrou Vám tento kurz přišel přehledný a srozumitelný

(1 = nejvíce, 2, 3, 4, nebo 5 = nejméně)

7. Pokuste se vyjádřit jakou měrou tato aplikace pomohla studentům s utříděním znalostí z oboru nauka o materiálu I

(1 = nejvíce, 2, 3, 4, nebo 5 = nejméně)

8. Pokuste se vyjádřit jakou měrou tato aplikace pomohla studentům s přípravou na zkoušku z NMI

(1 = nejvíce, 2, 3, 4, nebo 5 = nejméně)

9. Zkuste formulovat, nakolik jste v této aplikaci postrádal/a diskusi se studujícími nad danou problematikou

(1 = nejvíce, 2, 3, 4, nebo 5 = nejméně)

10. Uvítal/a byste použití obdobné aplikace i v dalších předmětech a v jakých?

11. Máte nějaké další připomínky?