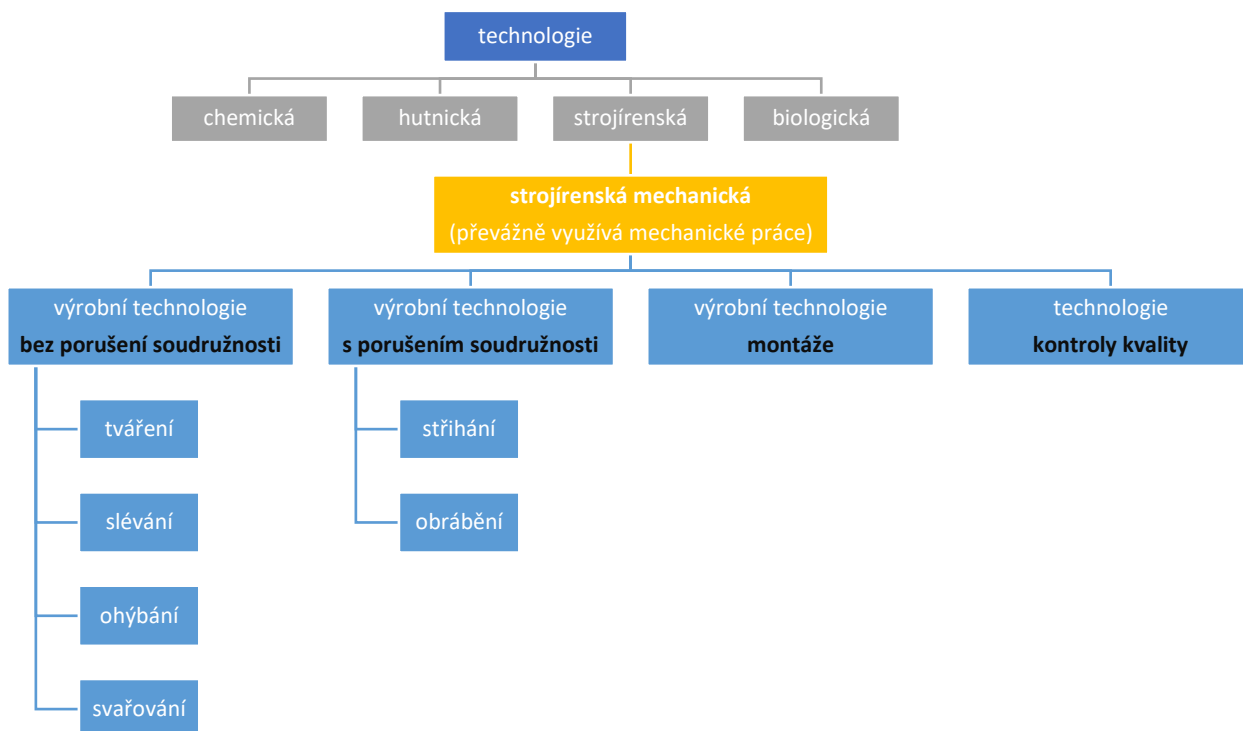


MATERIÁLY A TECHNOLOGIE II- Kája

1 | Vyjmenujte základní technologie a jejich typické aplikace ve strojírenské výrobě

- Technologie – souhrn činností jejichž cílem je změna tvaru, složení a vlastnosti předmětů za účelem vytvoření nové hodnoty – výrobku
- Výrobní proces → souhrn technologických procesů
- Technologie je vědní disciplína, zabývající se pracovními metodami, prostředky a zařízeními, pomocí kterých se výchozí suroviny mění ve výrobky



2 | Rozdělení výrobních technologií ve strojírenství (graf viz 1, rozdělení strojírenské t.)

- Výroba materiálu:

Suroviny → zpracování (energie, přísady) → materiály (polotovary) → výroba (pomocné látky, energie) → výrobky (díly)

Výrobní technologie dělíme na 6 skupin:

skupina	technologie	tvar výrobku se	hmotnost tělesa se
1	Vytváření	vytváří	vytváří
2	Přetváření	mění	zachovává!!
3	Oddělování	mění	zmenšuje
4	Spojování	mění	zvětšuje
5	Povlakování	zachovává	zvětšuje
6	Změna vlastností materiálu	zachovává	zachovává zmenšuje zvětšuje

1. VYTVÁŘENÍ (těleso úplně vytváříme)

· *Výchozí stav (polotovary) → příklad technologie:*

- Kapalný → odlévání (odlitky z Al, Ms); šedá litina nebo hliník se formuje do pískovcové formy
- Plastický, těstovitý → vstřikování
- Granule, prášek → spékání, sintrování
- Ionty v elektrolytu → galvanoplastika

2. PŘETVÁŘENÍ – tváření (měníme vzhled, ne objem)

· *Způsoby tváření → příklad technologie:*

- Tváření tlakem → válcování, kování
- Tváření tlakem i tahem → zápuťkové kování
- Tváření tahem → hluboké tažení, tažení drátů
- Tváření ohybem → ohraňování
- Ohýbání s posuvem → vinutí pružin

3. ODDĚLOVÁNÍ

· *Druh oddělování → příklad technologie:*

- Dělení → stříhání, sekání, vysekávání
- Třískové obrábění → řezání, pilování, soustružení, frézování,...
- Nekonenční způsoby obrábění → elektrotepelné procesy – erozivní a laserové obrábění,...
- Demontáž, čištění → vytlačení, vyšroubování, tryskání, omílání

4. SPOJOVÁNÍ

· *Druh spojování → příklady technologie:*

- Smontování → sešroubování
- Slisování → lisování ložiska
- Svařování → bodové, el. obloukem, laserem
 - Spojení nerozebratelné!
- Pájení → měkké, tvrdé
- Lepení → dvousložková lepidla

5. POVLAKOVÁNÍ

· *Nanášený materiál → příklady technologie:*

- Páry kovů → napařování
- Laky a tmely → lakování, tmelení, nástřik
- Ionty kovů a sloučeniny → galvanické pokovení, iontová a chemická implantace
 - *Technologie PVD iontového povlakování řezných nástrojů (povlaky TiN)*
- Roztavené částičky kovu → žárový nástřik kovů

6. ZMĚNA VLASTNOSTÍ MATERIÁLU

· *Druh změny materiálu → příklady technologie*

- Změny struktury → žihání, kalení, popouštění
- Přidání složky → cementování, nitridování
- Odebírání složky → oduhličení

· Např. kalení (zahřátí – výdrž – zakalení – popouštění)

3 | Technologické vlastnosti materiálu, praktické příklady a aplikace na konkrétních příkladech

- Technologické vlastnosti navrženého materiálu předurčují způsob výroby
 - K základním technologickým vlastnostem v oblasti zpracování materiálu patří:
 - **Slévatelnost** – schopnost vytvořit řídkou taveninu, která vyplní lící formu a při tuhnutí netvoří dutiny
 - dobře slévatelné materiály – šedá litina, slitiny Al, slitiny Cu
 - **Tvárnost** – schopnost plasticky se deformovat za studena/tepla
 - **Svařitelnost** – vhodnost pro svařování nebo navařování
 - **Obrobitelnost** – vhodnost pro třískové obrábění
 - např. kvalita obrobené povrchu, odebraný mat. za čas
- nelze je přesně definovat jednotlivými jednotkami
- **Technologický postup** – popisuje průběh výroby. Jsou v něm uvedeny jednotlivé výrobní operace, rozdělení operací na jednotlivé úseky, pracovní podmínky, výrobní stroje, nástroje, přípravky a normované časy jednotlivých operací. Je podkladem pro vyčíslení výrobních nákladů a pro kapacitní propočet výroby

4 | Co rozumíme pod pojmem technologičnost konstrukce a její význam ve výrobním procesu?

Komplexní souhrn technických, ekonomických a ekologických aspektů

- navržené konstrukční řešení a jeho realizace musí respektovat řadu požadavků z hled. výroby, montáže, údržby a ekologie

Základní požadavky:

- jednoduchost
- normalizace, typizace, unifikace
- minimum obrábění
- nezbytně nutné hodnoty
- co největší kompaktnost
- omezení drahých a specifických materiálů
- minimální pracnost a výrobní náklady
- údržba a recyklovatelnost

5 | Konstrukční a technologická dokumentace a její význam ve výrobním procesu

- Technologická příprava výroby – souhrn činností – z myšlenky vytvořím technologickou dokumentaci:
- základní podklady pro realizaci jsou výrobní výkresy od konstruktéra (obsahují základní info o materiálu, rozměry, přesnost, kvalitu povrchu) → technologie výroby
- technologické vlastnosti materiálu předurčují způsob výroby
- Technologický postup – popisuje průběh výroby, jsou v něm uvedeny výrobní operace, rozdělení operací na jednotlivé úseky, pracovní podmínky, výrobní stroje,...

6 | Co rozumíme pod pojmem integrovaný přístup k výrobnímu procesu?

- Snaha dosáhnout co nejlepšího výsledku
- Integrovaný přístup k výrobě musí respektovat (z hlediska výroby, montáže, údržby, ekologie):
 - **marketing, design, konstrukční řešení, technologii výroby, ekonomické hledisko, řízení jakosti, ekologii výroby provozu a likvidace**

7 | Materiály ve strojírenství

- **Kovy** houževnaté, tvařitelné, možnost zpevnění legováním a tepelným nebo mechanickým zpracováním, nižší odolnost proti korozi
- **Plasty** výhodný poměr hmotnost / pevnost, jejich vlastnosti však závisí na teplotě, vysokou korozní odolnost
- **Kompozity** spojují vlastnosti materiálů, které je tvoří, vysoká cena
- **Keramika** velmi křehká ale vysoce tuhá, tvrdá a odolná proti opotřebení, výbornou korozní odolnost

VLASTNOSTI KOVŮ

- **fyzikální** – přímý projev vnitřní stavby materiálu bez působení vnějšího mechanického namáhání – např. hustota, modul pružnosti v tahu, teplotní délková roztažnost, elektrické a magnetické vlastnosti
- **chemické** – popisují chování materiálů při různých teplotách v různých prostředích – např. korozní odolnost, žáruvzdornost / žárupevnost
- **mechanické** – jsou určeny působením vnějších faktorů, tyto vlastnosti se zjišťují mechanickými zkouškami – tahová, rázová zkouška
- **technologické** – jsou závislé na souboru fyzikálních, mechanických a chemických vlastností, nelze je vyjádřit v přesně definovaných základních veličinách, tyto vlastnosti umožňují objektivní posouzení vhodnosti materiálu pro určitý technologický proces

13 | Výroba betonářského železa.

Jsou to většinou ocelové tyče, které se vkládají do betonu za účelem zvýšení jeho únosnosti a snížení deformací → ŽELEZOBETON.

Výroba:

1. Výroba za tepla válcováním polotovary (sochor s kruhovým průřezem, na válcovací lince)
2. kalibrace, zmenšuje se průřez
3. chlazení, finální pruty

- Betonářské oceli – na armovací drát nebo tyče ve stavebním průmyslu. Většinou nelegované nebo nízko legované ocele

14 | Charakterizujte výhody odlévání ve srovnání s ostatními technologiemi zpracování kovů

- Nejkratší cesta surovin k výrobku s nízkým počtem operací a relativně malou spotřebou energie
- Možnost zhotovení dílů od několika gramů až do desítek tun
- Možnost dosažení značně složitých tvarů včetně dutin
- Možnost sjednocení několika dílů do jediného celku
- Možnost dimenzování přesně dle zatížení
- Možnost dosažení vysoké tuhosti prostorovým uspořádáním
- Vysoké využití materiálu a 100% možnost recyklace
- Relativně nízká cena a krátká doba výroby modelů ve srovnání s nástroji pro tváření
- Hospodárnost v kusové i sériové výrobě

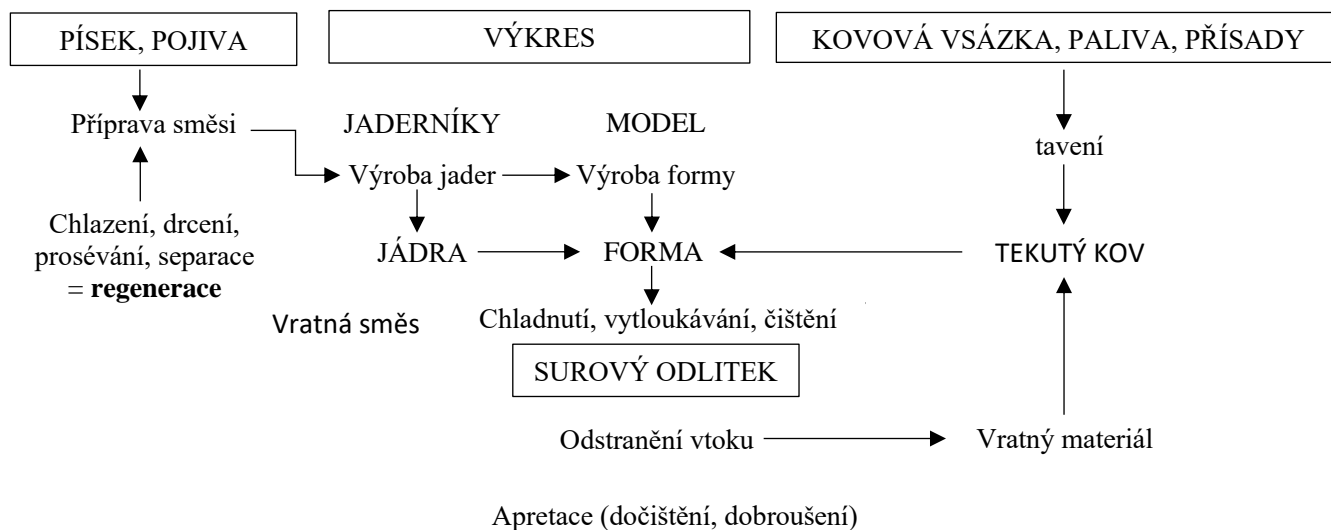
15 | Popište postup výroby odlitků do pískových forem a uveďte potřebné vybavení

Potřebné vybavení:

- Schéma odlitku, jádro, jaderník, hladítky a lancetky, pěchovačky pro pěchování, podpěrky jader, formovací rámy

Postup:

- model (jaderníky, jádra, zámky) zasype se formovací směsí (pojivo + ostřivo), tím se určí dutina → naliju roztavený kov → tuhnutí → vymlátím odlitek (surový dolitek → hrubý → čistý) → apertace (dočištění, dobroušení)



16 | Popište postup výroby odlitků metodou vytavitelného a spalitelného modelu

· VÝROBA ODLITKU METODOU VYTAVITELNÉHO MODELU

Model vyrobený ze směsi vosků, plastů nebo zmrzlé rtuti, který se po zhotovení formy z ní vytaví, čímž se vytvoří dutina pro odlití kovu. Užívání v. m. umožňuje odlévání odlitků velmi složitých tvarů a velmi přesných odlitků s kvalitním povrchem a malými nároky na obrábění. Metoda vytavitelného modelu je ekonomicky výhodná především pro lití menších značně složitých odlitků a pro výrobu odlitků z obtížně obrobitelných slitin. Uplatňuje se např. při výrobě turbinových lopatek, oběžných kol kompresorů a čerpadel, při výrobě nástrojů, v lékařství, pro dekorativní odlitky atd.

· VÝROBA ODLITKŮ METODOU SPALITELNÉHO MODELU

Neboli vypařitelný model je určený pro výrobu slévárenských forem vyrobených zpravidla z pěnových plastů, který se po zaformování ponechává ve formě, kde se při lití vypaří a shoří, čímž se uvolní dutina pro vznik odlitku. Používání spalitelného modelu je výhodné pro výrobu jediného odlitku určitého tvaru (lisovací nástroj) nebo pro výrobu odlitků složitějších (obtížně zaformovatelných) tvarů.

17 | Vysvětlete funkci modelů a jaderníků, dělicí plochy, úkosů a přídavků na smrštění.

- **Model:** k výrobě formy, o něco větší kvůli obrábění, dřevo, úkosy pro vyjímání, barvy, dělené/nedělené, spalitelný/vytavitelný
- **Jaderník:** forma na výrobu jader,
- **Dělicí plocha** formy – vícedílná forma, nemusí být vodorovná, posype se dělicím práškem, kvůli snadnému vyjmutí modelu, vložení vtokové soustavy, založení jader, přídavky na smrštění – větší rozměry kvůli smrštění,
- **Úkos** – skosení ulehčuje vybrat odlitek z formy
- **Přídavek na smrštění** – všechny kovy při tuhnutí zmenšují svůj objem, musí být forma o tolik větší, co činí smrštitost daného kovu, t. j. forma musí být provedena v míře na smrštění.

18 | Vysvětlete funkci jader, nálitků a chladítek

- **jádro – dutina** ve formě
- **nálitok** – vtoková soustava – doplnění taveniny, obsahuje vtokový kolík, strusovák, zásobník tekutého kovu, který zajišťuje doplňování smršťujícího se tuhnoucího kovu ve formě při vyr. odlitků. Podle uspořádání jsou n. otevřené, vyústující do horní plochy formy, a uzavřené, různého provedení, které se umísťují ve formě obvykle do vrchní části odlitku.
- **chladítko** – kovové tělísko vkládané do formy v místech, která odpovídají zvětšenému průřezu odlitku a tím zvětšenému hromadění kovu při odlévání, aby se zabránilo vzniku vad. Při různém čase chladnutí taveniny

19 | Charakterizujte vlastnosti základních slévárenských slitin a kritéria jejich volby s ohledem na funkci dílu a technologii jeho výroby

- Jsou zpravidla snáze vyrobitelné než čisté kovy
- Mají zpravidla lepší technické a technologické vlastnosti než čisté kovy

SLITINA = ZÁKLADNÍ KOV + PŘÍŠADY + DOPROVODNÉ PRVKY

ZÁKLADNÍ KOV: Fe, Al, Cu, Mg, Zn, Ni, ...

PŘÍŠADY (slitinové, legující prvky): umožňují dosáhnout požadované vlastnosti

DOPROVODNÉ PRVKY (přímíšeniny):

Dostávají se do slitin neúmyslně ze surovin nebo během technologického procesu

ŠKODLIVÉ

např. plyny, většina nekovových prvků

PROSPĚŠNÉ

Např. ve slitinách železa:

Příšady: Mn, Si, Cr, Ni, Mo, V, W, Co, Al, Ti, Nb, B

Prospěšné doprovodné prvky: C, Mn, Si, Al, Cu

OCELI **C < 2 %** - Uhlík přítomen v podobě jemných karbidů

- K tavení jsou potřebné teploty přes 1500 °C
- S rostoucím obsahem uhlíku
 - klesá teplota tavení
 - klesá tvárnost a houževnatost
 - roste pevnost a tvrdost

LITINY **C > 2 %** - Uhlík přítomen v podobě grafitu nebo karbidů

- Tavení začíná již od zhruba 1150 °C
- Vlastnosti závisí na množství a způsobu vyloučení uhlíku (lupínky nebo kuličky grafitu případně hrubší tvrdé karbidy)

litina s kuličkovým grafitem

- výhody – výborné mech. vlastnosti, dobrá houževnatost, lepší slévárenské vlastnosti, nižší cena než ocel
- nevýhody – větší smrštění při tuhnutí než LLG (litina s lupínkovým grafitem) cena o 30% vyšší než LLG

litina s lupínkovým grafitem

- výhody – dobré mech. vlastnosti, vysoká pevnost v tlaku, tlumí vibrace i odolnost tepelných šoků, dobré slévárenské vlastnosti, nízká cena
- nevýhody – nízká houževnatost i citlivost na rychlost tuhnutí, obtížná svařitelnost

bílá litina

- výhody – vysoká odolnost proti opotřebení, nízká cena
- nevýhody – křehkost, obtížná obrabitelnost
- Technologické vlastnosti: slévearské vlastnosti, obrabitelnost, svařitelnost
- Slévárenské vlastnosti: tavitelnost, zblhivost, stahování, smršťování, tepelné zpracování
- Litina slup.grafitem(levná), skul.grafitem(kvalitnější), ocel (ne tenkostěnné), Al – lehké, nízká teplota tavení, Zn – nejnižší teplota tavení

20 | Podle kterých hledisek a jak rozdělujeme jednotlivé způsoby svařování

a. dle způsobu vzniku (druhu působící energie) svary vzniklé:

1. Za působení **tepla** – tavné svařování
 - Spojení materiálů se dosahuje přes roztavený svarový kov (krystalizací taveniny)
2. Za působení **tepla a tlaku** – tlakové svařování,
 - Spojení plastickou deformací a částečným natavením spojovaných materiálů
3. Za působení **tlaku** – tlakové svařování
 - Přivádí se pouze tlak, ke spojení dochází v tuhém stavu

b. dle stupně mechanizace:

- **ruční**
- **strojní** – mechanizované, robotizované, automatizované

c. metody

- **tavné** – obloukové, plamenem, laser
 - spoj vznikne natavením části materiálu v místě spoje, ztuhnutím svarové lázně dojde k * spoje
 - často užití přídavného materiálu
- **tlakové** – odporové, tlakem za studena, kovářské
 - míso spoje je ohřáté na teplotu nižší než teplota tavení spojovaných materiálů
 - spoj vznikne za působení tepla a tlaku

21 | Jaké znáte druhy tepelných zdrojů používané pro tavné metody svařování

TAVNÉ METODY:

- **Obloukové svařování**
- **Plamenové svařování** – zdroj tepla je plamen, který vzniká hořením směsi hořlavých plynů (acetylen) s kyslíkem
- **Plazmové svařování**
- **Laserové svařování** – laser = kvantový generátor světla → zařízení generující světlo speciálních vlastností na základě stimulované emise fotonů
- **Elektronové svařování** – tepelná energie tvoří dopadem zaostřeného (fokusevaného) paprsku (svazku) elektronů na svařovaný materiál

TLAKOVÉ METODY:

- **Odporové svařování**
 - bodové, švové, výstupkové, stykové

- **Tlakové** (tlakem za studena)
- **Třením**
- **Kovářské svařování** – už od starověku, spojování materiálu „v ohni“ – tlakem (drátěné košile, zbraně, šperky)
- **Výbuchové svařování**
- **Difuzní svařování**
- **Ultrazvukové svařování**

OSTATNÍ METODY:

- Elektrostruskové, aluminotermické, světelným zářením, indukční, přivařování svorníků, elektrickým výbojem/rázem

22 | Vyjmenujte metody svařování, využívající elektrický oblouk

- d. **Ruční svařování – obalenou elektrodou (MMA – Manual Metal Arc)**
 - *Tavné svařování, při kterém je využíván jako zdroj tepla el. oblouk, hořící mezi elektrodou a základním materiálem*
- e. **Svařování v ochranných atmosférách**
 1. **MIG (MAG) – Metal Inert (Active) Gas**
 - Tavné obloukové svařování taví se kovovou elektrodou, kdy elektrický oblouk a oblast svaru jsou chráněny před okolní atmosférou vrstvou ochranného plynu
 - *Úkoly ochranné atmosféry:*
 - *ochrana svarové tavné lázně, elektrody, oblouku a okolí svaru*
 - *ochrana kořene svaru*
 - *ovlivňování procesů při zapalování a hoření elektrického oblouku (dostatečně ionizované prostředí)*
 2. **Svařování trubičkovým drátem – obdobný proces jako MAG**
 3. **WIG (TIG) – Wolfram (Tungsten) Inert Gas**
 - Tavné svařování, při kterém se používá netavící se elektroda čistě wolframová nebo s aktivující přísadou.
 - El. oblouk a oblast svaru je chráněna inertním plynem.
 - Podle potřeby může být použit přídavný materiál.
- f. **Automatické svařování pod tavidlem (SAW – Submerged Arc Welding)**
 - Tavné svařování, při kterém je využíván el. oblouk hořící pod vrstvou práškového tavidla, jehož část se taví a vytváří strusku
 - Přídavný materiál se používá ve formě drátu, plněného drátu nebo páskových elektrod

23 | Jaké znáte způsoby odporového svařování

Rozdělení metod:

Bodové – svarové spoje se vytvářejí v podobě svarových čoček (bodových svarů) mezi překládanými díly

- nástroj vypadá jako kleště, tlačí díly proti sobě

Švové (vysokofrekvenční) – spoje se vytvářejí s využitím kotoučových elektrod obvykle mezi překládanými díly jako souvislé nebo přerušované; regulace rychlosti, tenké plechy

Výstupkové – svarové spoje se vytvářejí na místech výstupků (přirozených nebo záměrně vytvořených)

Stykové – spoje se vytvářejí v celé styčené ploše s využitím nebo bez využití odtavovací fáze svařovacího procesu

- tj. svařování odtavovací a pēchovací

24 | Jaké typy svarů jsou z hlediska únosnosti svařovaných konstrukcí nejvýhodnější a proč

- **Tupé (IVUX)** – tupý svar je spoj dvou desek ležících v jedné rovině
 - Nejvhodnější pro konstrukce s opak. zatížením (dynamickým), silové, nosné, musí být úprava svarových ploch, zachovaný plynulý tok siločar

- **Koutové** – Koutový svar je hrubý svar trojúhelníkového průřezu ve spoji dvou desek, které neleží v jedné rovině.
 - Nejvýhodnější z ekonomického hlediska – nemusí se upravovat svarové plochy – menší únosnost (není příznivý silový tok), T, křížové, rohové spojení, přeplátované spojení
 - možnost i kombinované
- Bodové (odporové) – sériová výroba

25 | Jaké kritérium lze použít při posuzování svařitelnosti nízkolegovaných ocelí

- O vhodnosti nízkolegovaných ocelí na svařování rozhoduje **obsah uhlíku a přítomných legur**.
- Za zaručeně svařitelné se považují oceli s uhlíkovým ekvivalentem Ce menším jak 0,45 %.
- Oceli s uhlíkovým ekvivalentem vyšším jsou podmíněně svařitelné, tj. před svařováním vyžadují předehřev.
- *Určení tzv. ekvivalentního obsahu uhlíku CE – lze posoudit svařitelnost oceli, CE < 0,45, max. hodnota = 0,52 čím víc C- tím pevnější, tvrdší a méně plastická → riziko*
- Uhlíkový ekvivalent C_{ekv} – nutný při posuzování svařitelnosti oceli

26 | Definice pájení a lepení ve vztahu ke svařování.

Stejně jako svařování patří mezi nerozebíratelné metody spojování materiálu

- rozebíratelné – mechanické spoje, apod
- nerozebíratelné – svařování, navařování, nýtování, pájení, lepení

PÁJENÍ

Pájení je způsob metalurgického spojení kovových, příp. nekovových materiálů pomocí přídavného materiálu, přičemž nedochází k natavení základního materiálu

Přídavný materiál = pájka – musí mít teplotu tavení nižší než základní materiál

LEPENÍ

Lepení je proces spojování materiálů, při kterém se dosahuje trvalého (nerozebíratelného) spojení stejných, popřípadě rozdílných materiálů, prostřednictvím lepidel (adheziv)

= Spojení dvou různých ploch prostřednictvím lepidla, které má dobrou přilnavost k oběma plochám

Lepidlo: látka schopná vytvořit pevné a trvalé spojení mezi dvěma materiály

NAVAŘOVÁNÍ:

Navařování je obdoba svařování, kdy v omezeném prostoru dané součásti

27 | Definice a princip obrábění. Zařazení a význam ve výrobním procesu

- Obrábění kovů je technologický proces, kterým se (oddělováním materiálu – mechanicky nebo elektricky) vytváří požadovaný tvar obráběného předmětu (obrobku), v daných rozměrech a v daném stupni přesnosti
- Břit nástroje vniká do materiálu, a odděluje od něj třísky
- Relativní pohyb mezi nástrojem a obrobkem se jmenuje řezný pohyb
- obrábění je částí výrob. procesu založená na využití energie, obr. stroj ubírá materiál a vzniká obrobená plocha.
- Využívá se mech energie → teplo
- Fyzikální podstata: silové působení břitu na obrobek = plastická deformace → oddělení vrstvy (třísky)
- Význam: opracování materiálu vysoké tvrdosti, plochy jinak nevyrobitelné, přesné, vysoko kvalitní plochy
- SNOP (stroj-nástroj-obrobek-produkt), odebraná vrstva se mění na třísky (stružky)

28 | Obecné technologické zásady pro aplikaci třískového obrábění

TŘÍSKOVÉ OBRÁBĚNÍ

- Břit nástroje vniká do materiálu a odděluje od něj třísky
- Rozlišujeme několik pohybů:
 - Pohyb do řezu (hlavní pohyb), kterým se odebírá tříska; např. u soustruhu jej vykonává obrobek, u frézky nástroj.
 - Pohyb do záběru čili posuv (vedlejší pohyb) je k němu zpravidla kolmý a nástroj se jím posouvá na jiná místa povrchu obrobku. Posuv může být podélný a příčný, plynulý nebo přerušovaný.
 - Přísuv je obvykle kolmý k obráběnému povrchu a nastavuje hloubku řezu.
- Hlavní druhy třískového obrábění:
 - Soustružení
 - Frézování
 - Vrtání
 - Hoblování, ...

Třískové obrábění je jedna z nejdůležitějších technologií používaných ve strojírenství. Obrábět můžeme ručně i strojně.

*Mezi základní způsoby strojního obrábění patří – **soustružení, frézování, broušení, vrtání**. Všechny způsoby obrábění řezáním mají společné to, že řezný nástroj (soustružnický nůž, fréza, vrták) vniká do materiálu a břitem **odděluje třísku**.*

Existují další způsoby obrábění – elektrojiskrové obrábění – ultrazvukové broušení - laserové obrábění tyto způsoby slouží pro obrábění velmi tvrdých, žáruvzdorných a křehkých materiálů v oblasti velmi přesného a jemného obrábění, ovšem nemohou nahradit klasické obrábění.

TECHNOLOGICKÉ ZÁSADY:

- Tvar, rozměry a kvalita povrchu určují použitý způsob obrábění.
- Řezný nástroj a řezný pohyb (kinematika obráběcího stroje) musí zajistit realizaci požadovaného tvaru.
- Řezný pohyb zajišťující realizaci příslušného tvaru je obvykle složený a je charakteristický pro každý způsob obrábění
- Řezný pohyb je pro každý způsob obrábění předepsán řeznými podmínkami v příslušném technologickém postupu a ty se nastavují na obráběcím stroji.

29 | Pracovní – řezné podmínky při třískovém obrábění

- Správná volba řezných podmínek je nezbytná pro proces soustružení
- Souhrn všech činitelů, kteří ovlivňují průběh obrábění
- Základní řezné podmínky jsou:
 - Řezná rychlost
 - Posuv (dráha
- Volba je závislá na:
 - Nástroji
 - Stroji
 - Obrobku
 - Prostředí (mazání, chlazení apod.)

- Požadovaných vlastnostech obrobku (drsnot, přesnost rozměrů a tvaru)
- Optimální řezné podmínky jsou takové podmínky, při kterých se na konkrétním obráběcím stroji a přesně daném nástroji dosáhne předem požadované kvality obrobku s minimálními náklady na obrábění.
- Každý druh operace vyžaduje jiné řezné podmínky.
- Tyto podmínky závisí na hloubce řezu posuvu a řezné rychlosti
- Optimální řezné podmínky lze určit několika způsoby:
 1. výpočtem
 2. z tabulek
 3. štítků na stroji (tabulek)
 4. pomocí kalkulátorů

30 | Řezné nástroje a jejich materiál

- Řezný nástroj (soustružnický nůž, vrták, sekáč, fréza) se skládá z řezné části (**břit**) a tělesa (**upínací část**).
- Pracovní část nástroje se nazývá břit, je tvořen dvěma plochami – **čelem** a **hřbetem**
- Obráběcí stroje – soustruh, frézka, vrtačka, bruska, hoblovka

Nástrojové materiály

- Při obrábění dochází k mechanickému a tepelnému namáhání nástroje. Aby nástroj mohl plnit svoji funkci (odebírat třísku) musí být jeho řezná část z vhodného materiálu
- Tyto materiály musí zajišťovat:
 - tvrdost i za vyšších teplot
 - odolnost proti opotřebení
 - pevnost v tlaku a ohybu
 - dobrou tepelnou vodivost
 - řezivost (schopnost udržet ostrý břit)
 - dostupnost a cena
- Nástroje na obrábění se vyrábí z nástrojové oceli, rychlořezné oceli, slinutých karbidů, cermetů a keramických materiálů

Materiál břitu řezného nástroje →

- Určuje rychlost a trvanlivost řezného nástroje
- Tvrdost, odolnost při teplotě, houževnatost
- - 4 skupiny nástrojových materiálů – nástroje z:
 - **rychlořezné oceli** – HSS, zlaté tvrdé, vysoké teploty, vrtáky, frézy, závitníky
 - **slinuté karbidy a cermety** SK – nebo HM, oteruodolnost (zvýšení odolnosti pomocí povlaků), výměnné břitové destičky pro soustružné nože, frézovací stroje, vrtáky, monolitní nástroje
 - **řezná keramika** - Al₂O₃, tvrdé, oteruvzdorné, křehké, těžkoobrobitelné materiály a kalené oceli
 - **syntetické materiály** – polykrystalický nitrid boru a polykrystalický diamant, oteruvzdornost

31 | Význam řezného prostředí při obrábění

- Prostedí v místě řezu má vliv na kvantitativní, kvalitativní a ekonomické parametry řezného procesu
- Procesní kapaliny:
- Dělení do dvou skupin:

4. s převažujícím mazacím účinkem = řezné oleje (kapaliny na bázi oleje)
 5. s převažujícím chladícím účinkem = chladicí kapaliny (kapaliny na vodní bázi)
 - **chladící účinek** (je to schopnost média odvádět teplo z místa řezu)
 - **mazací účinek** (médium vytváří na povrchu obrobku tenkou vrstvu – snižuje tření mezi nástrojem a obrob.)
 - **čistící účinek** (má zajistit odstraňování třísek z místa řezu)
 - **provozní stálost** (měřítkem je doba výměny a tím neměnné vlastnosti po dobu mezi jednotlivými výměnami)
 - **ochranný účinek** (nesmí způsobovat korozi obrobku ani jinak napadat povrch)
 - **zdravotní nezávadnost** (pracovník v přímém kontaktu s médiem, proto musí být zdraví neškodlivé)
 - **ekologická odbouratelnost**
 - **přiměřené provozní náklady** (souvisí se spotřebou řezného média a náklady)
- významnou úlohu zde sehrává druh obráběného materiálu, jeho obrobiteľnosť, veľkosť prúrezu odebírané třísky a zejména složitost prováděných obráběcích operací.
 - chladí, maže, odvádí třísky
 - Zachycení prachu, antikorozi ochrana, čištění nástrojů

32 | Rozměrové a kvalitativní parametry a způsob jejich kontroly po obrábění

6. Přesnost tvaru:

- rozměry součástí nutné volit tak, aby splňovaly kladené požadavky a vyhovovaly předepsané funkci
- musí dodržovat související faktory:
 - rozměry součástí
 - geometrický tvar a vzájemná poloha ploch
 - drsnost povrchu
- kalibry, měřidla, lícování, toleranční stupně, měřidla (posuvné, mikrometrické)

7. Přesnost rozměrů

- Souvisí s přesností plochy a tvaru
- Při výrobě nutné zohlednit, že výrobek bude vyroben v určité toleranci
- Je dána řeznými podmínkami (chvění, plynulost procesu)

8. Jakost povrchu

- ovlivňuje spolehlivost a živostnost součástí a odolnost proti korozi apod.
- závisí na procesu obráběných tvrdých materiálů, řezných podmínkách, řezném nástroji, a dal.
- Drsnost je souhrn nerovností povrchu s poměrně malou vzdáleností, které se vznikají při výrobě nebo jejím vlivem
- nikdy není ideálně hladká, stupeň drsnosti → kvalita (kontrola pomocí ližinové hlavice), mechanické snímání (diamantový hrot), vyhodnocení, graf (profil drsnosti, profil zvlnění)

9. Tolerance tvaru a polohy – h = tolerance hřídele, H = tolerance díry

33 | Základní způsoby obrábění, rozdělení a obecný význam jednotlivých metod

ROZDĚLENÍ

1. Třískové

- Strojní
 - Nástroji s definovanou geometrií břitu
 - Soustružení, frézování, vrtání, vyvrtávání, hoblování a obrážení, protahování
 - Nástroji s nedefinovanou geometrií břitu
 - Broušení, superfiniš, honování, lapování, leštění
- Ruční → pilování, sekání

2. Beztřískové – specifické – nekonvenční metody obrábění

- Elektrotepelné, elektrochemické, chemické
- Kombinované principy (elektroeroze, laserové obrábění, obrábění vysokotlakým vodním paprskem, a pod.)

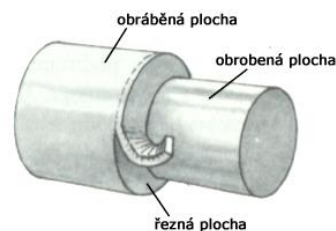
34 | Technologie soustružení, aplikační možnosti, význam ve výrobním procesu

SOUSTRUŽENÍ – obrábění rotační součástí

- Popis technologie:
 - hlavní řezný pohyb – koná obrobek (rotační)
 - vedlejší pohyb – koná nástroj (posuv a přísuv)
 - *Nástroj (sous. nůž) se posouvá ve směru osy obrobku (podélný posuv), kolmo na osu obrobku (příčný posuv), popř. oběma směry zároveň*
- soustružení je třískové obrábění geometricky určeným břitem
- obrobek je na soustruhu upnut např. mezi hroty, ve sklíčidle nebo v kleštině, soustružnický nůž pak v suportu soustr.
- Podíl soustružení z objemu obrábění ve stroj. činí asi 30-40 %.
- Soustružením na čisto se dosahuje poměrně velká přesnost rozměrů a kvalita povrchu obráběné plochy
→ závisí zejm. na zvolených řezných podmínkách, tuhosti systému stroj - nástroj - obrobek, na geometrii břitu a jakosti ostří nástroje a na řezném prostředí
- Typy soustruhů – hrotové, čelní (lícní), revolverové, svislé, poloautomatické, automatické, CNC

Plochy na obrobku:

- **obráběná plocha** – plocha před obrobením
- **řezná plocha** – vzniká bezprostředně za břitem nože
- **obrobená plocha** – plocha po obrobení



Základní způsoby soustružení

- dle polohy obráběného místa na obrobku:
 - vnitřní/vnější
- dle směru posuvu:
 - podélné/příčné

Soustružnické práce – aplikace

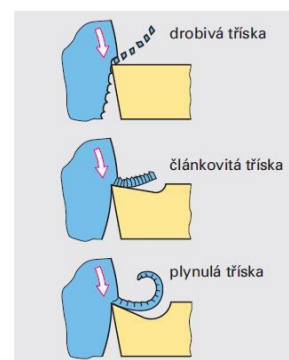
- soustružení ploch:
 - válcových/čelních
 - vnitřních/vnějších
- řezání závitů
- zapichování a upichování
- soustružení tvarových ploch

Typy třísek

- plynulá – tvárné materiály, souvislý celek
- článková – tvrdé a tvárné materiály
- drobová – více drobných částí

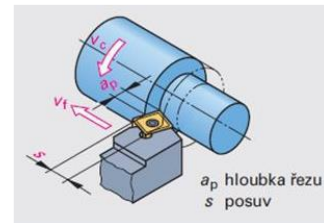
Hloubka řezu a posuv

- posuv na otáčku f [mm] je volen podle výkonu stroje a požadované jakosti povrchu
- hloubka řezu a_p [mm] je určena přísuvem soustružnického nože



Pracovní postup při soustružení

- obrábíme většinou v několika krocích:
 - 1) obrábění na hrubo (hrubování)
 - větší objem odebíraného materiálu
 - volíme velký posuv, nižší řeznou rychlost
 - ponechání přídatku na obrábění na čisto
 - horší kvalita obrobenej plochy
 - 2) obrábění na čisto
 - menší objem odebíraného materiálu
 - volíme malý posuv a velkou řeznou rychlost
 - dosažení požadované kvality povrchu a tvaru obrobku



Význam

- Je nejrozšířenějším způsobem obrábění
- Technologický proces, který mění polotovary na výrobky, při kterém je dosažen požadovaný tvar, rozměr a jakost povrchu

35 | Jaké znáte metody pro obrábění otvorů

- **vrtání děr a řezání závitů** (vrtáky, výhrubníky, závitníky)
 - vytváříme díry do plného materiálu nástrojem, který se otáčí a posouvá
- **vyhrubování** (zpracovává vrtání),
- **vystružování** – přesnost
- **zahlubování, vyvrtávání** – rozšiřování otvorů (vnitřní soustružení)
 - jde o stroj, na kterém lze provádět velký počet prací: můžeme zde vrtat, vyvrtávat tvarové otvory, obrábět závit, frézovat a za určitých předpokladů i soustružit
 - vyvrtávačky dělíme na: stolové a deskové

36 | Uvedte, jaké znáte technologie obrábění rovinných ploch, jejich rozdíly a použití

- hl. pohyb koná nástroj – přímočarý vratný pohyb, nástroje jednodušší a levnější než ostatní technologie
- **Obrázení** – obrážka (pohybuje se stroj) – obrábění jednobřitým nástrojem,
 - obrábí se na několik zdvihů → první zdvih řezný, druhý vratný
- **Hoblování** – hoblovka, obrobek dlouhé rovinné součástky (pohybuje se obrobek)
 - hlavně kusová výroba, dá se nahradit frézováním
- **Broušení** – obrábění úběrem materiálu velkým počtem břitů současně zabírajících brusných zrn, uložených zcela nepravidelně v brusném nástroji
 - vysoká řezná rychlost, malý průřez odebíraných třísek a jejich vysoká teplota
 - broušením kovů lze dosáhnout velké tvarové a rozměrové přesnosti, malé drsnosti obrobenej ploch
 - dřevo se brousí ručně nebo strojně diskovými nebo pásovými bruskami
 - sklo se brousí brusnými kotouči, pásy a volným brusivem, přičemž řezným prostředím je voda
- **Frézování** – dynamické obrábění
 - obráběcí stroje: frézy
 - nástroje: frézky
- **Soustružení** – souvislý odběr hmoty, hlavní pohyb rotační, pak posuvný

37 | Charakterizujte technologii broušení, čím je specifická a její význam ve výrobním procesu

Popis technologie:

- Broušení je **dokončovací operace** založená na záběru vícebřitvého nástroje s geometricky neurčitými břity
- Používá se k **dosažení přesných rozměrů či požadovaných tvarů**
- Broušením je možné dokončovat kalené či cementované součásti, slinuté karbidy, skla atd.
- Hlavní pohyb vždy vykonává nástroj (brousící kotouč) a vedlejší pohyb (posuvy) obrobek

Výhody broušení:

- Velká přesnost
- Správnost geometrických tvarů (kruhovitost, válcovitost...)
- Velmi dobrá drsnost obrobené plochy
- Lze obrábět velmi tvrdé materiály jako slinuté karbidy, tvrzené litiny či kalenou ocel

Základní způsoby broušení:

- **Broušení rotačních ploch** – pomocný pohyb rotační
 - Podélné broušení válcových ploch (*delší válcové/kuželové plochy*)
 - Zapichovací broušení válcových ploch (*v sériové výrobě menších a tuhých obrobků*)
 - Bezhroté broušení válcových ploch
 - *obrobek se pohybuje na podpěrném pravítku mezi brousícím a podávaným kotoučem*
 - Broušení vnitřních válcových ploch
 - *Podélné*
 - *Planetové (obrábění velkých obrobků)*
- **Broušení rovinných ploch** – pomocný pohyb přímočarý vratný nebo rotační
 - Broušení obvodem kotouče (*patří k nejpřesnějším způsobům obrábění rovinných ploch.*)
 - Broušení čelem kotouče (*je výkonnější, než broušení obvodem kotouče ale je méně přesné*)

38 | Jaké znáte technologie dokončování povrchů, čím se liší a oblast jejich použití

- **Honování** – válců motoru a hydrauliky, obrábění honovací hlavou, malým přitlakem pod kapalinou, pro otvory
 - Cílem je zajistit dokonalý povrch, honují se válcové součásti
- **Superfinišování** – pro vnější plochy, dokončování vnějších válcových ploch (hřídele v automob. průmyslu), obrábí se pod kapalinou (petrolej, řídký olej) tvarovými nástroji
 - vysoká přesnost
- **Lapování** – brusivo - volné (ostatní technologie vázané), obrábění ve volně rozptýlením brusivu v kapalině, mezi lapovacími nástroji, neuspořádaný pohyb aby všude stejné
- **Leštění** – min. ubírání materiálu, odstranění stop po obr., odstranění nečistot, leštící kotouče, textilní pásy
- **Tryskání** – částice dopadají na povrch, zlepšují vzhled, drsnost
- **Omílání** – nejproduktivnější, více možností, materiál bez požadavků na přesnost, v bubnu- bez/s náplní
- **Hlazení**

39 | Kvalitativní parametry obrobené plochy a způsob vyhodnocení

- Hodnocení povrchu za použití lidských smyslů a je založeno na porovnání obrobené součásti s etalonem za pomoci hmatu, popř. zraku.
- Etalon – měřicí jednotky anebo stupnice určité veličiny; stejný materiál, shodná výrobní metoda a shodný tvar
- Přesnější metoda je pomocí hmatu než zrak

40 | Co je to CNC stroj, popište hlavní části a vysvětlete jeho funkci

- Je číslíkově řízený stroj, kde pohyb částí stroje, nástrojů i výrobků je obstarán automaticky na základě pokynů řídicího systému – řídicí systém vykonává příkazy zadané pomocí NC programu
- Nahrazení spojitého pohybu ve více osách kombinací pohybů v jednotlivých osách
- Obsluha pouze kontroluje a ovládá činnosti řídicího systému

Seznam příkazů = NC kód

- Obsahuje seznam úkolů pro stroj, který je napsán v určitém formátu, pořadí a stylu

Principy fungování strojů

- Číslíkově řízené stroje – dva typy:

Konvenční – veškeré činnosti prováděny ručně → kličky, páčky, kolečka + prvky mechanizace a automatizace

Číslíkově řízené – ovládání stroje řídicí systém; přes obrazovku, ovládací panel

→ proces kdy nástroj jede po určité dráze a odebírá materiál

- číslíkově řízený stroj, pohyb nástrojů, výrobku je automatický na základě pokynů řídicího systému

- **automatický** nebo **poloautomatický**

pohyb pomocí *interpolace* – pokud chci jet diagonálně musím kombinovat 2 směry

41 | Čím je řízeno obrábění na CNC stroji? Jak tato data získáte?

- poč. systémem, zda obsluha závisí na stupni automatizace (množství činností bez zásahu obsluhy – výměna nástrojů, polotovaru, odběr výrobku...) → automaty, poloautomaty

- Správa nástrojů
 - Řízení pohybu nástroje
 - Výměna nástrojů
 - Spouštění vřetene, agregátů
 - Výměna polotovaru
 - Odběr výrobků
-
- polo-automatizace
- plná automatizace

- číslíkovým řízením CNC strojů, automatickou manipulací s nástroji a obrobky byla vyloučena nutnost přítomnosti člověka – obsluhy při řízení pracovních a pomocných cyklů stroje, při výměně a upínání obrobků a nástrojů, nasazením počítačů pro řízení výrobních systémů pak i v oblasti plánování a operativního řízení výroby, a to za podmínky bezporuchové funkce vlastního stroje.

42 | Jaké jsou hlavní výhody nasazení CNC strojů, rozved'te, uveďte příklady

- možnost startovat program z kteréhokoliv místa, pružnost – schopnost změny sortimentu – předělání tvaru, CNC stroje se využívají pro obrábění tvarových ploch - tvarová složitost, skákání pod/programech, přesnost, minimum chyb, produktivní, jednoduché nástroje po slož. Dražích

43 | Jaké znáte způsoby programování CNC strojů, popište

- **Ruční** – NC kód psán ručně v řídicích systémech přímo na CNC stroji; *instrukce, počítání, chyby*
- **Dílnské** – NC kód je vytvářen na stroji, je vhodný jak pro jednoduché ale i složité součásti v dílně
 - omezený počet a druh výrobků
- **Strojní** (CAD/CAM systémy) – NC kód je vytvářen na počítačích v kancelářích pomocí speciálních CAM softwarů a na stroje se přenášejí pomocí DNC sítě; *instrukce z kódů*

44 | Co je to software CAM a jak se používá?

česky *Počítačová podpora obrábění* je počítačový software pro programování výrobních CNC strojů. Při znalosti konkrétního soustruhu a technologie obrábění, je schopen navrhnout dráhy nástroje při soustružení, aby byla výroba co nejefektivnější, tedy mělo co nejmenší energetický a materiální vstup a průmyslový odpad. Základem je digitální model výrobku. Jsou různé cesty k modelu, může to být přímé modelování konstruktéra, převod existující součásti, využití asistovaného konstruování nebo volné modelování.

- *Partprogram – digitální program, technické podmínky*
- *procesor (jak vytvořit) – zpracování*
- *> CL data (vymyšlení dráhy virtuálního nástroje)*
- *postprocesor (CL data do podoby NC kódu pro stroj)*
- *>NC kód – dráhy skutečného nástroje*
- *zpětné inženýrství – z modelu výkres a znovu model*

45 | Jaké znáte nekonvenční metody obrábění a jakých fyzikálních principů využívají

- Technologie obrábění je založena na využití fyzikálního nebo chemického úběru materiálu. Jedná se o bezsilové působení na obráběný materiál, bez vzniku klasických třísek.
- Podle principu úběru materiálu se technologie dělí na:

c. Fyzikální

- ELEKTROEROZIVNÍ – obrábění elektrickou jiskrou a elektrickým obloukem
 - Základem úběru materiálu je elektroeroze, kdy vlivem vysoké koncentrace energie materiál taje a odpařuje se
 - zdravotnictví, letecký průmysl, krátery, elektrický výboj, ke kterému dochází mezi 2 kovovými vodivými elektrodami umístěnými v dielektriku
- ELEKTROTEPELNÉ METODY – princip odtavování a odparování mikro objemu materiálu zahřátého na vysokou teplotu koncentrací energie

d. Chemické

- ELEKTRONOVÝM PAPRSKEM – využívá se vysoké hustoty energie elektronového paprsku
 - založeno na využití kinetické energie proudu urychlených elektronů
- LASER – založeno na přeměně světelné energie na tepelnou energii
 - při styku paprsku laseru s materiálem obrobku se materiál vlivem vzniklé vysoké teploty ohřívá, taje a odpařuje
 - kvantový gen. světla – teplo, čistá technologie, neovlivněný povrch
- PLASMA – základem obrábění plazmatem je ohřev nebo tavení materiálu za extrémně vysokých teplot, které vznikají rozkladem molekul plynu při jejich průchodu elektrickým obloukem
 - řezání vysokou teplotou – rozpad modelů na ionty při přechodu proudu – větší tloušťky než laser, ale brutální, nepřesné
- ELEKTROCHEMICKÉ – působení el. proudu na kvap. roztok (elektrolyt)

e. Mechanické

- ULTRAZVUKEM – úběr materiálu je založen na účincích suspenze brusiva, která přivádí mezi nástroj a obrobek
- KAPALINOVÝM PAPRSKEM – pomocí soustředěného proudu vody pod vysokým tlakem
 - vysokotlaký vodní paprsek – tlak + rychlost, řezání, konkurence laseru, nevodivé mat., textil, kůže, potraviny, dlaždice
- PROUDEM BRUSIVA

46 | Aditivní technologie – základní charakteristika, srovnání se subtraktivními technologiemi.

ADITIVNÍ TECHNOLOGIE – Additive Fabrication (AF)

- technologie výroby, které používají místo odebrání materiálu jeho přidávání = **aditivní technologie**, dnes také totožné s pojmem **3D tisk**

dále se dělí na okruhy výroby:

f. Rapid Prototyping (RP)

- snadné a rychlé vytvoření součásti (prototypu) pomocí počítače

g. Rapid Tooling (RT)

- vyrobená součást se plánuje použít jako nástroj

h. Rapid Manufacturing neboli Additive Manufacturing (AM)

- vyrobená součást se plánuje použít jako plně funkční součást
- jedná se o procesy, které umožňují vyrábět díly **přímo**, bez použití jiných technologií
- princip těchto technologií spočívá v postupném kladení vrstev materiálu
- použité materiály jsou ve formě **prachu, kapaliny, drátu** nebo **pásu**
- materiál je nataven nebo vytvrzen pomocí:
 - Laseru
 - Elektronového svazku
 - Plazmy
 - Ultrafialových paprsků
 - Ultrazvukového navařování
 - Lepidla
- vstupní data lze získat z virtuálního **CAD 3D modelu** nebo pomocí **3D skenování**
- jedná se o perspektivní stále se rozvíjející technologie

VÝHODY AF:

- při konstrukci není třeba hledět na složitost výroby
- výrobní náklady na tvarově složité součásti jsou podobné jako na jednoduché součásti
- o nákladech rozhoduje především doba stavění (výška a průřez součásti)
- jednoduchá změna výroby
- možnost výroby různých tvarů –všestrannost
- žádné sestavy – výroba komplexních součástí
- minimální dodací lhůty
- nízké požadavky na zkušenost operátora s výrobou
-

NEVÝHODY AF:

- rozdílné mechanické vlastnosti v porovnání s konvenčními technologiemi (pevnost/tažnost, pórovitost, drsnost povrchu)
- výše uvedené vlastnosti ale mohou být i lepší, než při výrobě konvenční technologií
- produktivita

- při výrobě méně složitých součástí je proces výroby mnohem delší
- nutnost modelovat vrstvu po vrstvě
- nutnost podpěr –jinak se součásti deformují
- může být složitější na odladění stroje i výrobního procesu

VYUŽITÍ:

- velký rozvoj zejm. v:
 - medicině – kloubní náhrady
 - automobilovém průmyslu – palubní desky
 - leteckém průmyslu – lopatky s vnitřním chlazením do leteckých motorů
- nejrozšířenější jsou tiskárny na plast, ale hodně se rozšiřují i tiskárny na kov (automobilový, letecký průmysl)

47|Obecný postup při výrobě dílů aditivními technologiemi.

POSTUP PŘI VÝROBĚ:

3. Vytvoření modelu v CADu
 - vytvoření objemového modelu v jakémkoli CAD systému
4. Konverze do formátu STL
 - nejstandardnější formát pro výrobní zařízení aditivních technologií
5. Import souboru STL do výrobního zařízení
6. Nastavení zařízení
 - nastavení procesu tisku (teploty, množství materiálu, rychlosti, časování, atd.)
7. Tisk objektu
 - automatický proces, který většinou probíhá samostatně bez nutnosti obsluhy
8. Odstranění objektu ze zařízení
 - vytvoření objemového modelu v jakémkoli CAD systému
9. Postprocessing
 - objekt je nutné většinou upravit a odstranit přebytečný materiál a podpory

48|Základní přehled aditivních technologií.

Stereolitografie	SLA, SL	fotopolymer	0,05–0,15
Solid GroundCutting	SGC	fotopolymer, nylon	0,1–0,5
SelectiveLaser Sintering	SLS	polyamid, nylon, vosk, kovové prášky	0,1–0,5
Direct Metal Laser Sintering	DMLS	kovové prášky	0,02–0,04
LaminatedObjectManufacturing	LOM	papír s jednostranným pojivem	0,01–0,2
FusedDepositionModeling	FDM	ABS, vosk, polykarbonat	0,05 –0,33
Multijet Modeling	MJM	termopolymer, akrylátovýfotopolymer	0,05 –0,2

PŘEHLED TECHNOLOGIÍ

10. Ink-jet printing

- Vytlačování materiálu z trysky a postupné kladení vrstev
- Možnost výroby velmi malých výrobků (setiny a tisíciny milimetru)
- Použité materiály: polymery, polovodičové materiály, apod.
- Použití: v elektronice, biochemii, apod

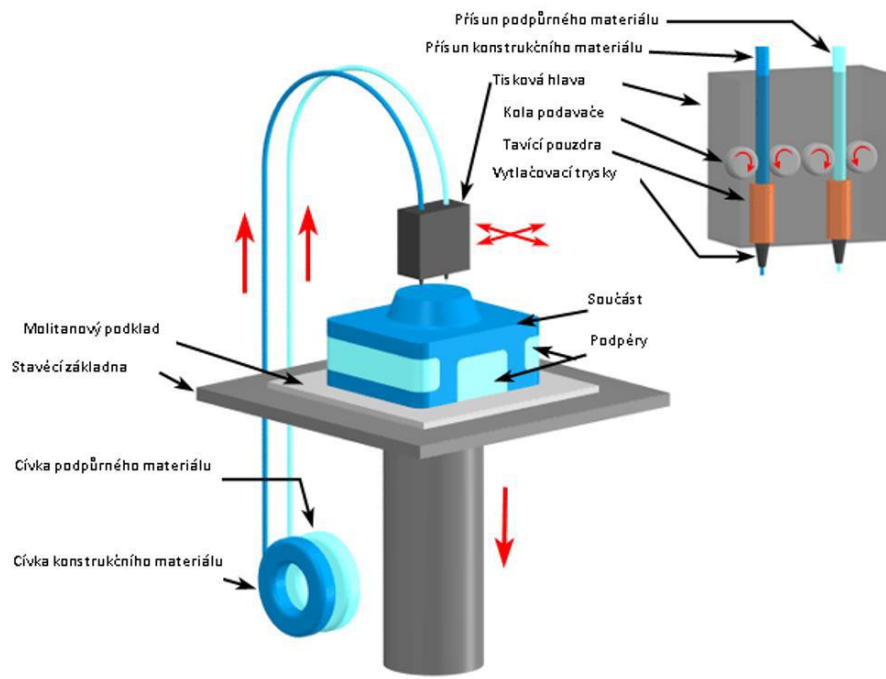
- Dva způsoby vytlačování:
 1. stálým vytlačováním
 2. nanášením „kapku po kapičce“

11. SLA – Stereolitografie

- První a nejstarší technologie 3D tisku
- Jedna z nejpřesnějších
- Použité materiály: světlocitlivý fotonolymerní materiál → po aplikaci UV záření materiál ztuhne (zpolymerizuje)
- Tloušťka vrstvy 0,05-0,25 mm
- Tisk. hlava se pohybuje přes tisk. plochu s nanesenou fotonolymerní pryskyřicí a ozařuje ji na potřebných místech
- Po dokončení jedné vrstvy sjede základní platforma níže (nebo výše) a opakuje se vytváření další vrstvy
- VÝHODY – přesnost, trvanlivost, rychlost výroby a relativně nízké náklady
 - výroba přesných prototypů
- NEVÝHODY – nutnost vytvářet podpěry

12. FDM – Fused Deposition Modeling

- Nejčastěji pro tisk prototypových komponent
 - nejrozšířenější „domácí“ technologie RP (Prusa I3 Plus, MK3s,... střední třída – uPrintSE Plus)
 - VÝHODY – relativně nízké pořizovací náklady zařízení
 - dobrá přesnost tisku (dána průměrem trysky)
 - možnost výroby funkčních prototypů – dobré mech. vlastnosti
 - vlastnosti prototypů se blíží vlastnostem konečných produktů
 - NEVÝHODY – delší čas výroby (oproti SLA)
 - přídatný materiál je natavován a vytlačován malou tryskou
 - dva druhy: **konstrukční** (ABS, PC, PEI) a **podpůrný** (např. vosk)
 - odstranění podpěr proběhne ponořením do rozpouštěcího roztoku
 - výrobky se dají dále brousit, lakovat, lapovat a i povlakovat
- PRINCIP:

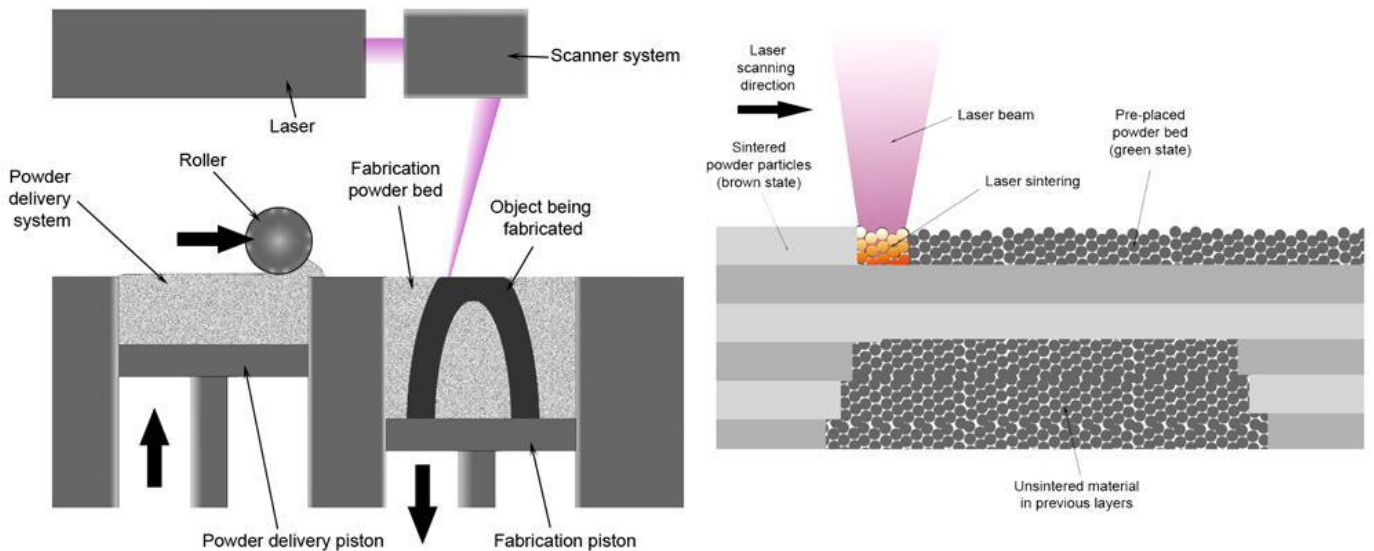


13. SLS – Selective laser sintering + DMLS – direct metal laser sintering

- Podobné jako SLA, ale rozdíl užitého materiálu
- Různé druhy materiálu v **práškové podobě**: kovy, plasty, keramika
- Tloušťka vrstvy: 20–100 μm, přesnost 0,02 – 0,25 mm

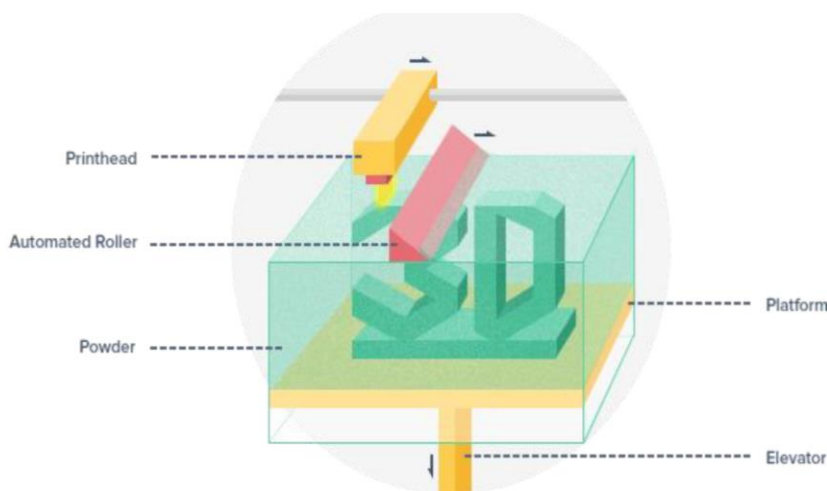
- Na tiskové ploše je nanesený prášek → tisková hlava se přes ní pohybuje a ozařuje na urč. místech laser. Paprskem
- často užití dvou jinak výkonných laserů (výkonnější na spékání vnitřních částí vrstvy)
- vysoká teplota prášek roztaví a vytvoří tak z něho pevnou hmotu
- VÝHODY – možnost opětovného užití přebytečného materiálu, vysoká přesnost, možnost barevných příměsí
- při vhodném tepelném zpracování má součást mech. vlastnosti jako po kování
- výrobci: EOS, Arcam, Concept Laser, Renishaw, SLM Solutions, 3D Systems, Phenix Systems

PRINCIP



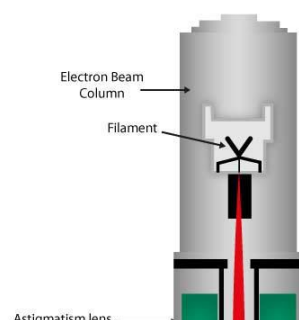
14. SHS – selective heat sintering

- Založeno na principu tepelné hlavy – ta aplikuje teplo do vstev práškového termoplastu
- práškový materiál je přidáván po vrstvách, které se selektivně vytvrzují
- vhodná technologie pro výrobu levných prototypů s nižší přesností
- využívá se nižší teplota tiskové hlavy než u laseru
- levnější řešení s možností desktopové velikosti



15. EBM – electron-beam melting

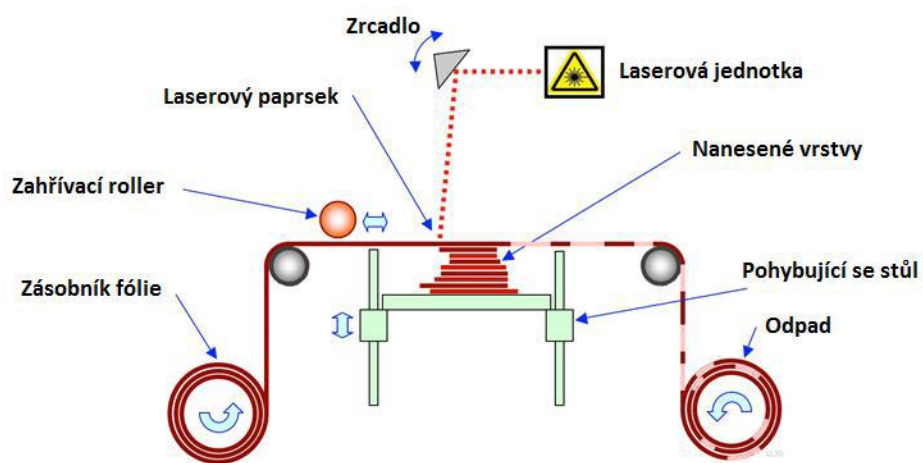
- Tavení kovového prášku ve vrstvách pomocí paprsku elektronů ve vakuu, za zvýšené teploty → nevzniká vnitřní pnutí
- Rychlé polohování – řízeno elektromagnetickými cívkami
- Užití v automobilovém, leteckém, strojírenském průmyslu a zdravotnictví



- VÝHODY – přesnost, vynikající tech. vlastnosti (viz. výkovek), rychlejší než SLS/DMLS, není třeba dokončovací operace
- NEVÝHODY – pořizovací náklady, dražší provoz, nutná vakuová komora
- Výrobce – Arcam (Arcam Q20) = tiskárna pro letectví a kosmonautiku
 - tisk zejm. slitin titanu

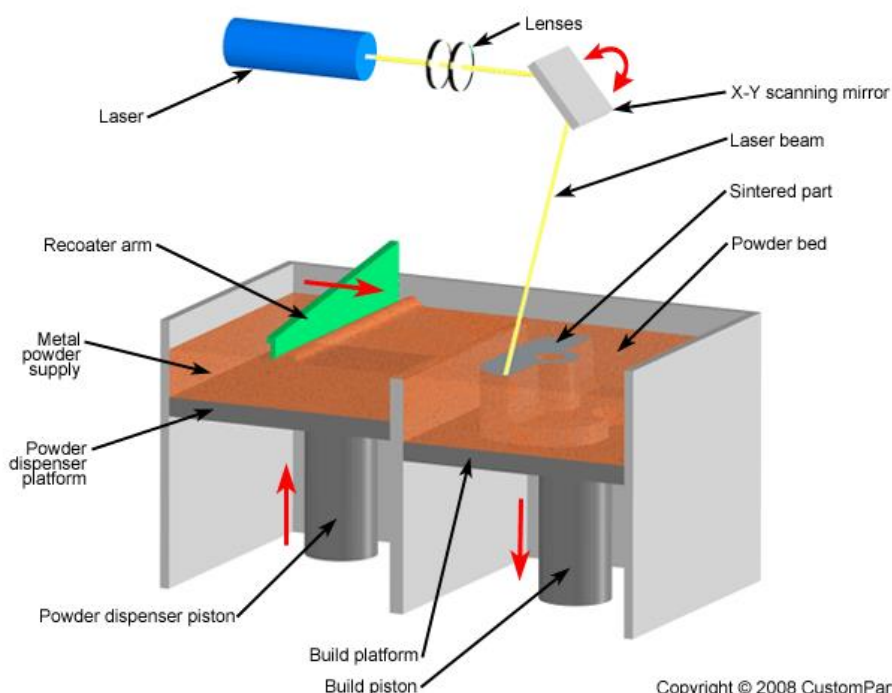
16. LOM – laminated object manufacturing

- Vyřezávání a následné lepení vrstev objektu
- Materiál – papír, fólie i kompozity
- tvar vrstvy se vyřízne do tenké 0,2 mm fólie, na kterou se následně nanese vrstva lepidla
- VÝHODY – nízké náklady na tisk, rychlost tisku
- NEVÝHODY – přebytečný materiál (cca 50% odpadu), nestálost výrobku (poté podobné dřevu), malá přesnost



DMLS – DIRECT METAL LASER SINTERING

Laserové spékání kovových prášků



49 | Laserové spékání kovů – základní definice, popis funkce

Postup:

1. Příprava stroje
2. Nanesení 1. vrstvy
3. Laserové spékání
4. Pracovní kontejnment spuštěn o tloušťku jedné vrstvy, zásobní kontejnment se posune nahoru.
5. Nanesení další vrstvy
6. Laserové spékání
7. Opakování kroku 4 až 6
8. Vyjmutí součásti ze zásypu
9. Odsátí nevyužitého prášku z pracovního prostoru stroje do zásobníku

50 | Materiály pro DMLS, jejich vlastnosti a zpracování.

Plynematomizovaný prášek s neoxidovaným povrchem, 10-40 μ m zrna sférického tvaru pro optimální rozložení prášku v prostoru (=maximální objemová hustota prášku a maximální vyplnění prostoru)

Materiály:

- Korozi odolná ocel se sníženým obsahem uhlíku
- Nástrojová ocel pro práci za tepla
- Přecipitačně vytvrditelná korozi odolná mertenzitní ocel
- Hliníková slitina
- Slévárenská slitina hliníku
- Titanová slitina ve variantě extra
- Komerčně čistý titan
- Niklová superslitina
- Cobalt-chromová superslitina
- Bronz
- 18 karátové zlato

51 | Aplikace DMLS, výhody, nevýhody

VÝHODY

- Výroba atypických dílů
- Vnitřní struktury výrobků jinou technologií nedosažitelné
- Součásti, implantáty „made to measure“
- Redukce hmotnosti
- Optimalizace konstrukce s ohledem na zatížení
- Prototypová výroba
- Malé série –absolutně pružný výrobní systém
- Nezávislost místa výroby na mateřském závodu či oddělení vývoje

NEVÝHODY

- Nelze tisknout uzavřené dutiny → prášek nevyklepem!
- Tisk pod úhlem – nutné podpory (pod 65° nepřesnosti, pod 45° nutnost)
- Přesnosti tisku oblouku, kleny, otvoru
- Časová náročnost, pořizovací náklady
- Nutnost žíhání pro odstranění vnitřního pnutí
- Vysoké drsnosti povrchu
- Kumulace tepla u větších výrobků – chladnutí po tisku
- Smršťování → korekce modelu
- Často postprocessing – odstranění podpor, tryskání, obrobení, žíhání, a dal.

APLIKACE:

i. Automotive

- Prototypová výroba bez přípravků, nástrojů a forem = úspora, zrychlení vývoje
- Materiály: Al slitiny, korozivzdorná ocel
- Např. svody, kolea, závěsy, výměníky

j. Letectví

- Prototypová výroba – vývoj
- Materiály: korozivzdorná ocel, Ni superslitiny, Ti slitiny
- Např. trysky paliva, duté lopatky, závěsy, spalovací komory

k. Výroba forem

- Prototypová výroba, konformní chlazení – zrychlení výroby plastových dílů
- Materiály: nástrojová ocel pro práci za tepla, korozivzdorná martenzitická ocel
- Např. opravy forem, části forem s chladicími kanály
-

l. Šperkařství

- Malosériová výroba, unikátní kusy
- Materiály: nerezové oceli, titanové slitiny, zlato a stříbro

m. Kostní náhrady a zubní protetika

- Výroba implantátů „na míru“, tvorba porézních povrchů pro lepší srůstání s tkání
- Materiály: CoCr slitina; Titanová slitina

Např. kloubní jamky, kloubní hlavice, části lebky, zubní náhrady