



Vysoká škola technická a ekonomická v Českých Budějovicích

Moderní slévárenské technologie

Přednášky pro studijní program Strojírenství

Doc. Ing. Ladislav SOCHA, Ph.D. a kol.



Úvod do výrobních technologií

Přednáška č. 1

Technické materiály

- ✓ Pojmem materiály rozumíme pevné látky, které člověku slouží k jeho činnosti
- ✓ Ve strojírenství jsou významné materiály kovové, což jsou materiály, jejichž hlavní složkou je kovový prvek (např. Fe, Cu, Al, Au)
- ✓ Kromě kovových materiálů rozlišujeme i materiály nekovové (žula, dřevo, plasty, sklo atd.) a kompozitní (např. tvrzené plasty)



Ocel



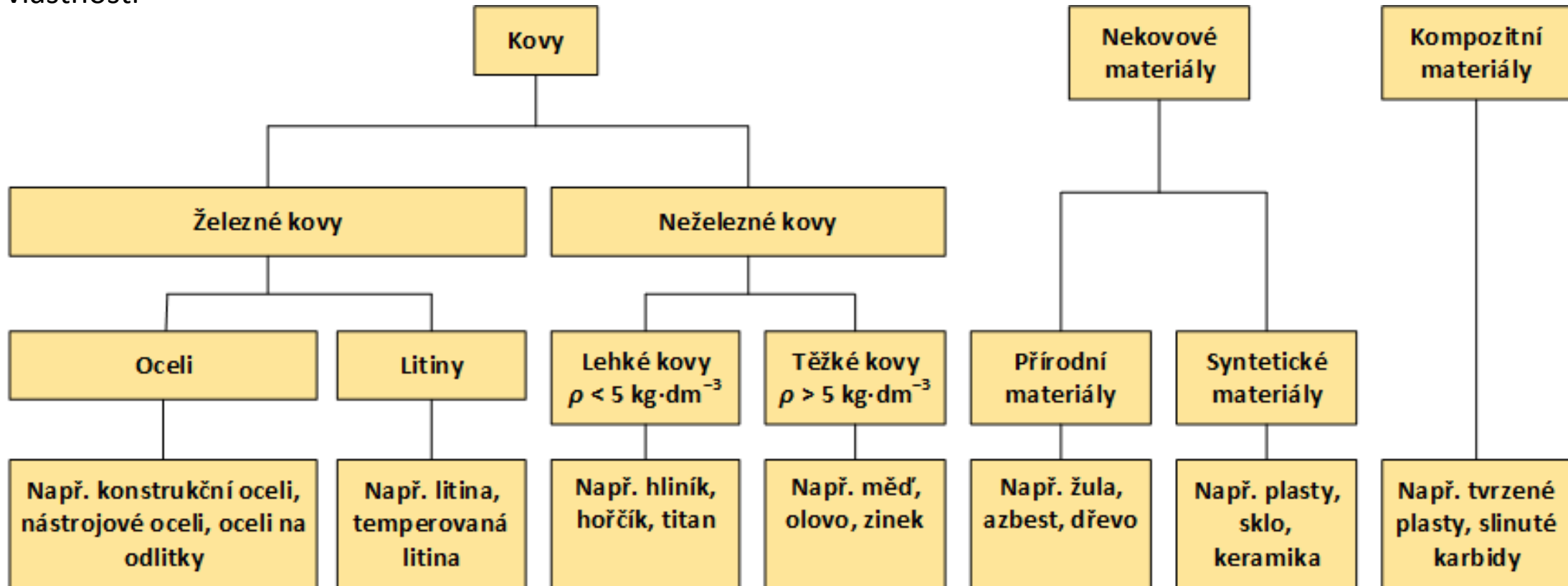
Žula



Plast

Technické materiály – rozdělení

- ✓ Materiály používané ve strojařské praxi mají někdy velmi rozdílné vlastnosti a pro určitou součást jsou voleny tak, aby součást mohla dobře a trvale plnit svůj úkol
- ✓ Pro zvolení správného materiálu pro určitou součást je třeba mít detailní znalosti materiálů
- ✓ Vzhledem k rozmanitosti materiálů, je třeba materiály třídit do skupin podle složení nebo charakteristických vlastností



Kovové materiály

- ✓ Základním materiálem pro stavbu strojů jsou kovy a jejich slitiny
- ✓ Kovy se využívají jako univerzální technické materiály
- ✓ Kovy se využívají prakticky ve všech odvětvích (od stavebnictví po kosmický průmysl)
- ✓ Univerzálnost kovových materiálů je dána velkou rozmanitostí jejich vlastností, u žádné jiné skupiny materiálů se nesetkáme s tak širokou škálou vlastností jako právě u kovů
- ✓ Technický význam má pouze malé množství čistých kovů, proto se ve strojírenství využívají zejména slitiny kovů, čisté kovy se používají jen velmi zřídka, jelikož nemívají vhodné mechanické a technologické vlastnosti
- ✓ Nejvyužívanějším kovem je železo
- ✓ Kovové materiály dělíme na **železné** a **neželezné kovy**



*Vačková hřídel
a ozubené kolo
z oceli*

Kovové materiály

✓ Železné kovy dále dělíme na **oceli** a **litiny**

- **Oceli** – velmi pevné slitiny železa, slouží převážně k výrobě částí strojů, které musejí zachovat a přenášet síly, jedná se především o hřídele, ozubená kola, čepy, profily, atd.
- **Litiny** – velmi dobře odlévatelné materiály, některé litiny tlumí vibrace. Odlévají se z nich části strojů, které mají složitý tvar a nejlépe se vyrobí litím, např. tělesa strojů



Litinová strojní součást



Litinová pánev



Ocelová konstrukce

Kovové materiály

- ✓ Neželezné kovy můžeme rozdělit na **těžké** a **lehké neželezné kovy**
 - **Těžké neželezné kovy** ($\rho > 5 \text{ kg/dm}^3$) – mezi tyto kovy patří např. měď, zinek, chrom, nikl, olovo. Používají se zejména kvůli svým typickým vlastnostem. Měď má velmi dobrou elektrickou vodivost – používá se tedy např. na dráty vinutí. Zinek, chrom a nikl se využívají jako protikorozní ochrana oceli
 - **Lehké neželezné kovy** ($\rho < 5 \text{ kg/dm}^3$) – mezi tyto kovy patří hliník, hořčík a titan. Tyto kovy jsou lehké, ale vysoce pevné. Využívají se zejména k odlévání konstrukčních prvků automobilů a letadel



Měděné vodiče



Titanové náušnice



Hliníkový příbor



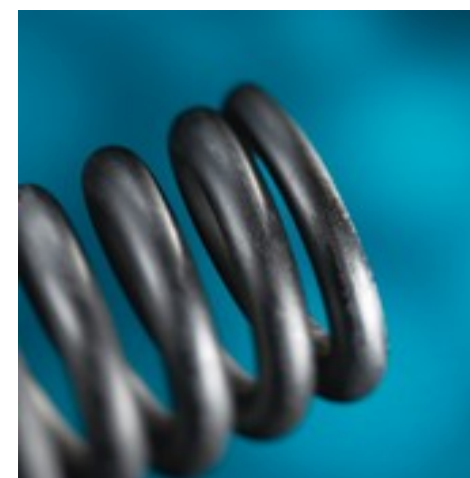
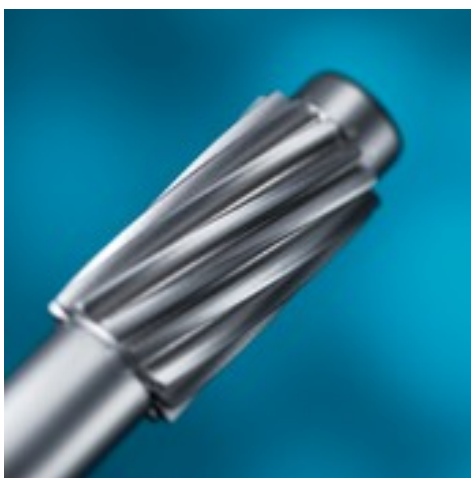
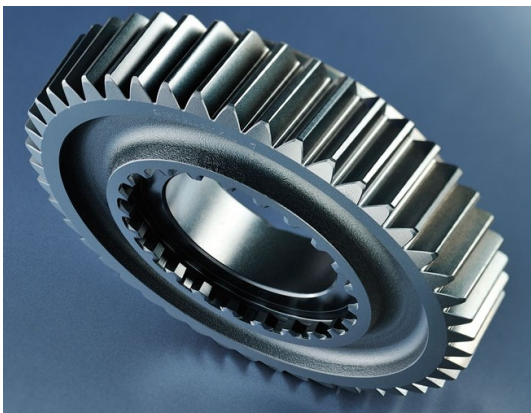
Hliníkové automobilové součástky



Olověné broky

Oceli

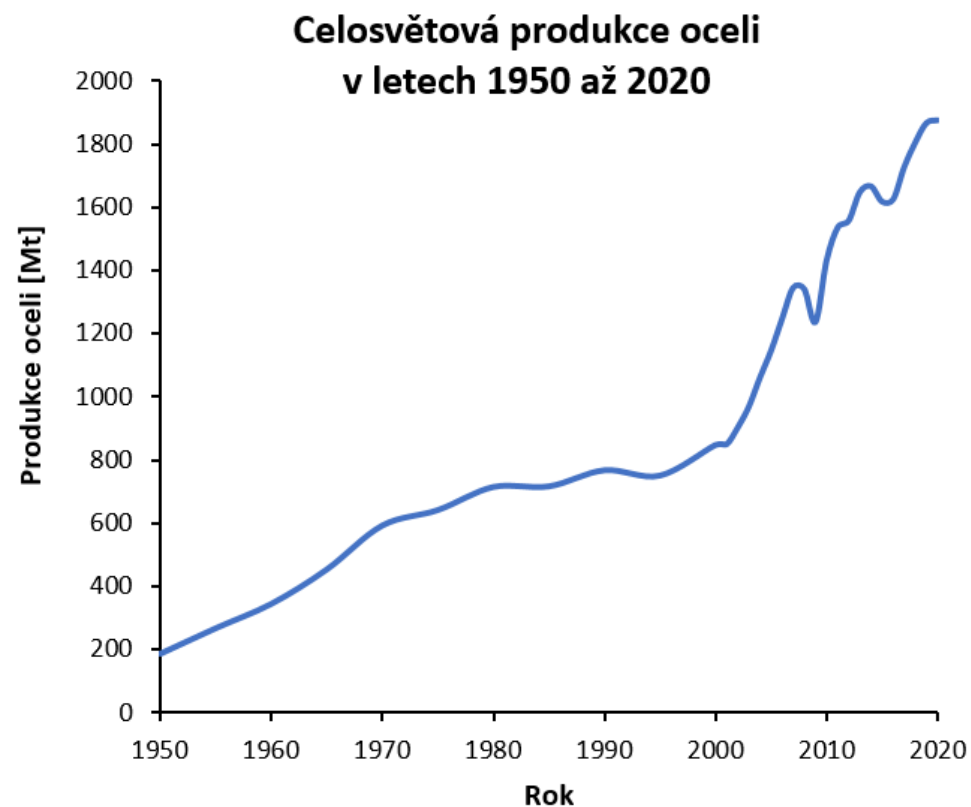
- ✓ Ocel můžeme najít téměř ve všech odvětvích
- ✓ Ocel se využívá ve stavebnictví, strojírenství, v automobilovém průmyslu, v lodích, letadlech, nemocnicích, kuchyních, oděvech i v umění
- ✓ Oceli se vyrábí přes 2500 druhů s chemickým složením vyhovujícím požadovaným pevnostním, mechanickým a jiným vlastnostem



Ocel ve světě

- ✓ V tabulce a v grafu je vidět celosvětový vývoj výroby oceli v letech 1950 až 2020 v milionech tun
- ✓ Za tuto dobu se celosvětová výroba oceli zvýšila téměř 10

Rok	Celosvětová výroba (Mt)	Rok	Celosvětová výroba (Mt)	Rok	Celosvětová výroba (Mt)
1950	189	2001	852	2012	1560
1955	270	2002	905	2013	1650
1960	347	2003	971	2014	1669
1965	456	2004	1063	2015	1620
1970	595	2005	1148	2016	1627
1975	644	2006	1250	2017	1730
1980	717	2007	1348	2018	1808
1985	719	2008	1343	2019	1869
1990	770	2009	1239	2020	1878
1995	753	2010	1433		
2000	850	2011	1538		



Ocel ve světě

- ✓ Momentálně je ve světě velký přebytek výrobců oceli, v roce 2015 se odhadovalo, že existuje přebytečná výrobní kapacita v objemu přes 700 milionů tun
- ✓ Hlavním světovým producentem oceli je Čína, která tvoří asi polovinu celosvětové výroby
- ✓ Z Evropské unie můžeme mezi prvními deseti výrobci oceli najít Německo a Itálii
- ✓ Z celosvětové výroby oceli připadá na EU celkově okolo 10 %

Pořadí	Země	2016	2017	2018	2020
1	Čína	808,4	831,7	928,3	1064,8
2	Japonsko	104,8	104,7	104,3	83,2
3	Indie	95,5	101,4	106,5	100,3
4	USA	78,5	81,6	86,6	72,7
5	Rusko	70,5	71,3	71,7	71,6
6	Jižní Korea	68,6	71,1	72,5	67,1
7	Německo	42,1	43,6	42,4	35,7
8	Turecko	33,2	37,5	37,3	35,8
9	Brazílie	31,3	34,4	34,9	31,0
10	Itálie	23,4	24,0	24,5	20,4



Čínská ocelárna Baowu

Ocel ve světě

✓ V tabulce je uvedeno 10 největších světových výrobců oceli spolu s jejich celkovou produkcí za rok 2018

Pořadí	Společnost	Výroba (Mt)
1	ArcelorMittal	96,42
2	China Baowu Group	67,43
3	Nippon Steel Corporation	49,22
4	HBIS Group	46,80
5	POSCO	42,86
6	Shagang Group	40,66
7	Ansteel Group	37,36
8	JFE Steel Corporation	29,15
9	Jianlong Group	27,88
10	Shougang Group	27,34

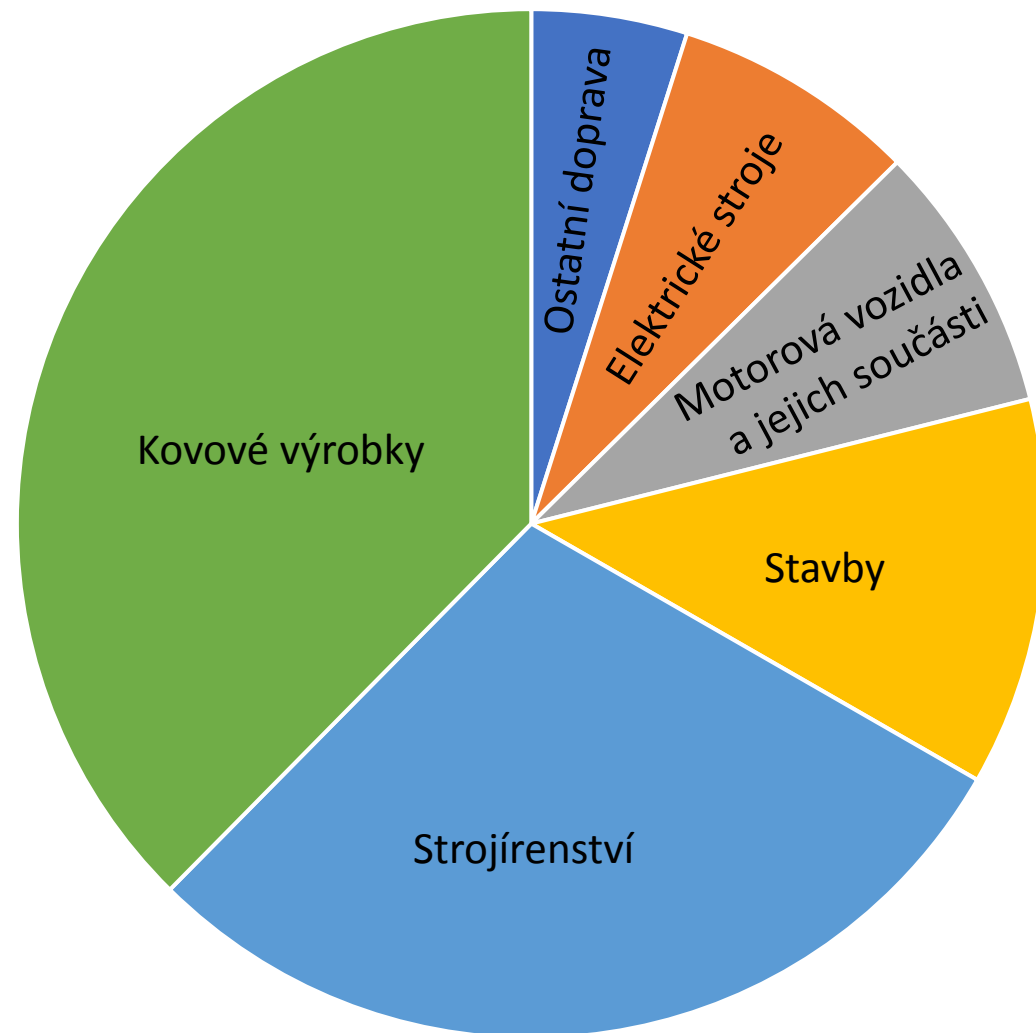


Celosvětové využití nerezové oceli v roce 2019

- ✓ Významným druhem oceli je ocel nerezová, která se využívá napříč nejrůznějšími odvětvími
- ✓ Největší využití nerezová ocel nachází při výrobě kovových výrobků (37,6 %), dále ve strojírenství (29,1 %), ve stavebnictví (12,2 %), v automobilovém průmyslu (8,5 %), na elektrické nástroje (7,7 %) a ostatní dopravu (4,9 %)



Konstrukce z nerezové oceli



Ocel v ČR

- ✓ Centrem výroby oceli v ČR jsou Třinecké železárny a Liberty Ostrava (dříve ArcelorMittal Ostrava)
- ✓ V ČR se vyrobí okolo 5 milionů tun surové oceli ročně
- ✓ V Česku se vyrábí řada konečných ocelových výrobků jako kolejnice, dráty, nejrůznější tyče, plechy, svodidla nebo tlusté plechy pro větrné elektrárny a lodě



TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY



LIBERTY



Kolejnice – Třinecké železárny



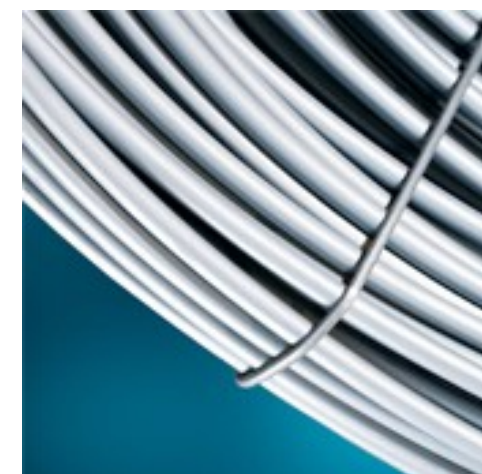
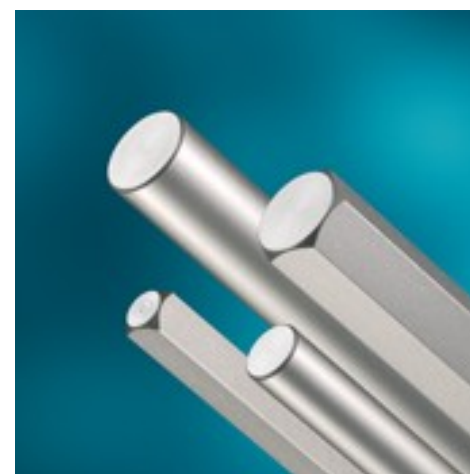
Dráty – Třinecké železárny



Svodidla – Liberty Ostrava

Oceli

- ✓ Ocel je slitina železa s obsahem uhlíku pod 2,14 %
- ✓ Oceli tvoří zhruba 90 % slitin železa
- ✓ Pomocí různých způsobů výroby, legování a odpovídajícím tepelným zpracováním lze dosáhnout naprosto odlišných vlastností
- ✓ Lze vyrobit oceli s následujícími vlastnostmi:
 - *Vysoká pevnost*
 - *Dobrá tvářitelnost*
 - *Tvrdość a odolnost proti opotřebení*
 - *Dobrá obrobiteľnosť*
 - *Dobrá slévateľnosť*
 - *Žádoucí magnetické vlastnosti*
- ✓ Mezi další typické vlastnosti ocelí patří:
 - *Recyklovateľnosť*
 - *Odolnosť proti korozi získaná legováním*
 - *Náchylnost proti korozi u nelegovaných ocelí*



Rozdělení oceli

✓ Oceli dělíme do tří skupin podle množství legujících prvků na oceli nelegované, nízkolegované a vysoce legované:

✓ **Oceli nelegované**

- *Zvané uhlíkové*
- *Nelegované oceli představují většinu všech vyrobených ocelí*
- *Obsah legujících prvků je nižší než je tabelovaná hodnota pro daný prvek*
- *Příkladem nízkolegované oceli může být **roxor***

✓ Mezní obsah legujících prvků oddělující nelegované a nízkolegované oceli:

Prvek	Mezní obsah [hm. %]	Prvek	Mezní obsah [hm. %]
Al	0,10	Ni	0,30
Co	0,10	Pb	0,40
Cr	0,30	Si	0,50
Cu	0,40	Ti	0,05
Mn	1,65	V	0,10
Mo	0,08	W	0,10
Nb	0,06	Zr	0,05



*Roxorové tyče
(výztuž do betonu)*

Rozdělení oceli

- ✓ Oceli dělíme do tří skupin podle množství legujících prvků na oceli nelegované, nízkolegované a vysoce legované:
- ✓ **Oceli nízkolegované**
 - *Obsah legujících prvků je po odečtení uhlíku nižší než 5 % hm.*
 - *Mechanické vlastnosti legovaných ocelí je možné modifikovat buď tepelným (žihání, kalení, popouštění), tepelně-mechanickým nebo tepelně chemickým zpracováním*
 - *Na mechanické vlastnosti oceli má významný vliv obsah uhlíku, spolu s obsahem uhlíku se zvyšuje pevnost*
- ✓ **Vysoce legované oceli**
 - *Obsah legujících prvků je po odečtení uhlíku vyšší než 5 % hm.*
 - *Kombinací legujících prvků je dosaženo požadovaných vlastností oceli*
 - *Mezi vysoce legované oceli patří i nerezová ocel*



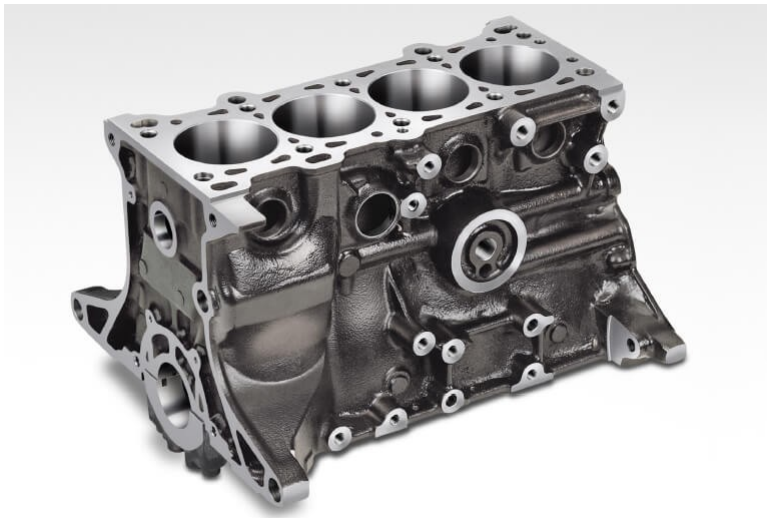
Nízkolegovaný ocelový profil



Nerezové zábradlí

Litina

- ✓ Litiny bývají označovány jako slitiny železa se zvýšeným obsahem uhlíku (nad 2,14 %)
- ✓ Litiny mívají i vysoký obsah křemíku, který podporuje tuhnutí litin
- ✓ Narozdíl od ocelí se litiny zpracovávají pouze odléváním, jelikož mají výbornou slévatelnost a je možné z nich odlévat tvarově velmi složité odlitky
- ✓ Z litiny se odlévají například bloky spalovacích motorů, pístní kroužky, vložky válců, skříně čerpadel, potrubí, topná tělesa, sloupy atd.

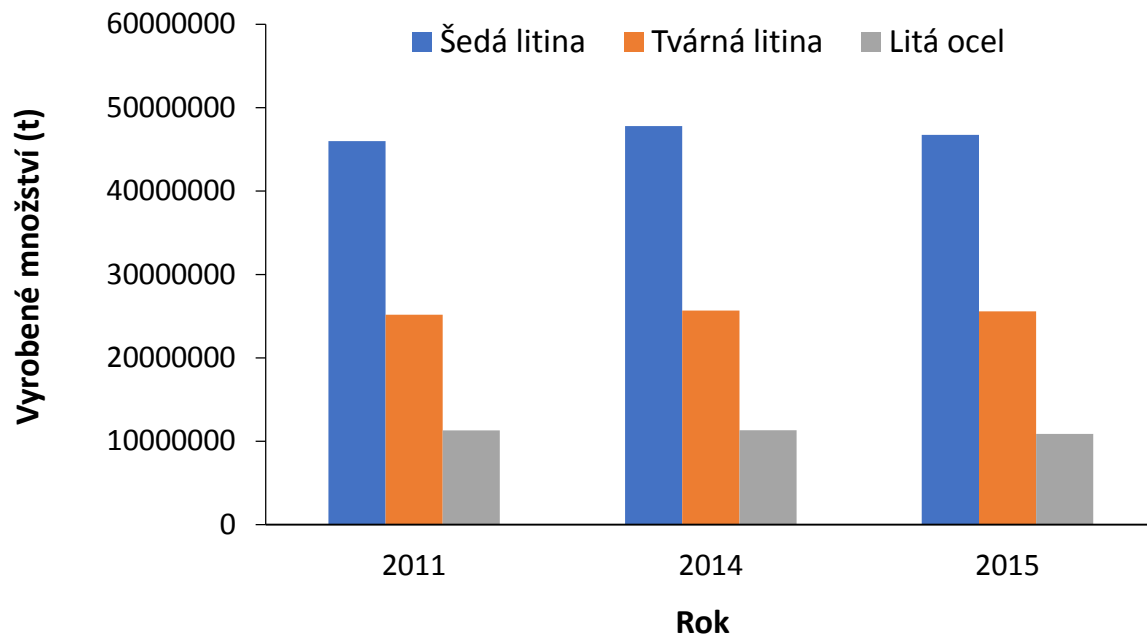


Výroba litých kovů ve světě

- ✓ Výroba litých kovů ve světě v letech 2011, 2014 a 2015 v tunách/rok

Kov	2011	2014	2015
Šedá litina	45 995 817	47 795 820	46 738 654
Tvárná litina	25 167 222	25 682 246	25 575 894
Litá ocel	11 299 044	11 318 922	10 887 948

Světová výroba litiny



- ✓ Největší podíl při výrobě odlitků zabírá šedá litina (asi 46 %), na druhém místě je tvárná litina (asi 26 %)

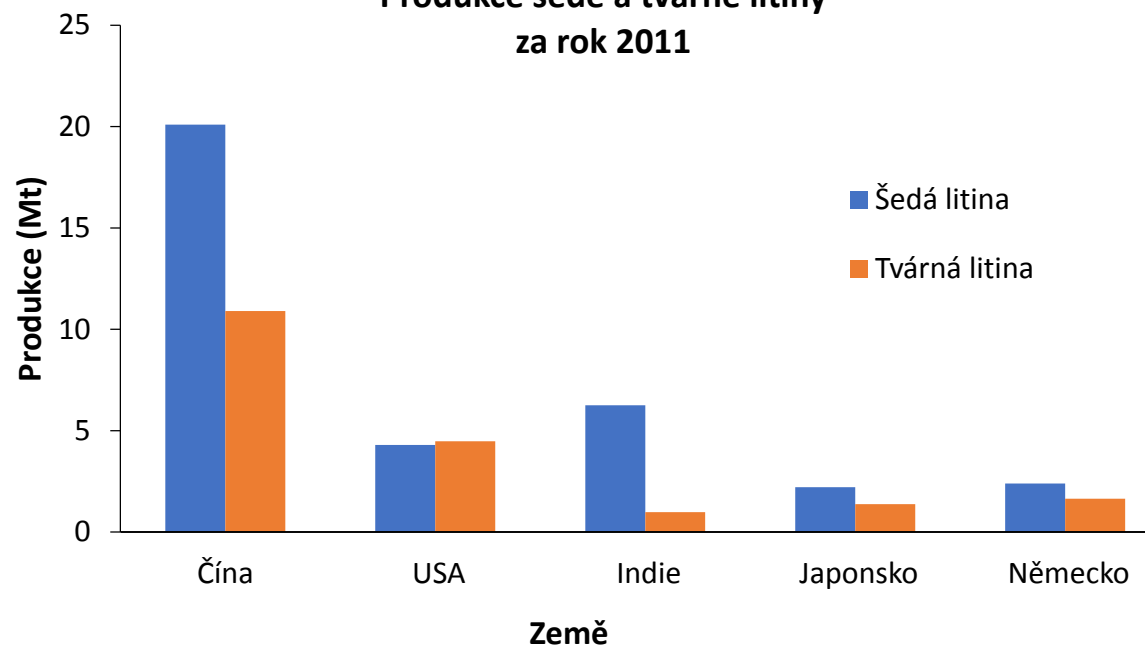
Největší světoví výrobci šedé a tvárné litiny

✓ Výroba šedé a tvárné litiny za rok 2011

Země	Šedá litina (Mt)	Tvárná litina (Mt)
Čína	20,100	10,9
Spojené státy americké	4,296	4,48
Indie	6,254	0,981
Japonsko	2,209	1,377
Německo	2,393	1,642



Produkce šedé a tvárné litiny za rok 2011



Litiny – rozdělení

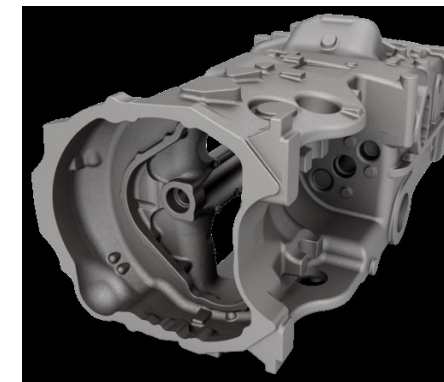
✓ Litinu dělíme do 5 základních skupin:

✓ **Šedá litina**

- *Dobré kluzné vlastnosti, snadná obrobitelnost, schopnost tlumit vibrace*
- *Obsah uhlíku 2,6 až 3,6 % - dobrá slévateľnosť*
- *Nejpoužívanější materiál pro výrobu odlitků*
- *Použití: rámy a saně obráběcích strojů, tělesa převodovek a klikové skříně*

✓ **Tvárná litina**

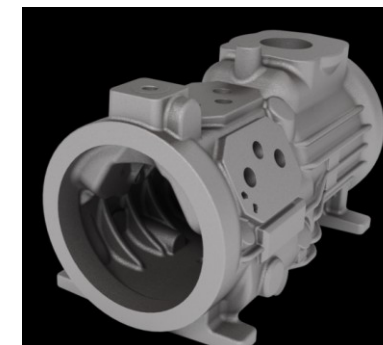
- *Vysoká pevnost a dobrá tažnosť, z litin se vlastnostmi nejvíce blíží oceli*
- *Použití: ozubená kola, klikové hřídele, skříně řízení, skříně zadní nápravy, skříně čerpadel a turbín*



Skříně z šedé litiny



Ozubená kola z tvárné litiny



Kompresorová skříň z tvárné litiny

Litiny – rozdělení

✓ Bílá litina

- Vysoká tvrdost, křehkost
- Výchozí materiál pro temperovanou litinu
- Použití: mlecí desky, mlecí tělesa nebo rošty

✓ Temperovaná litina

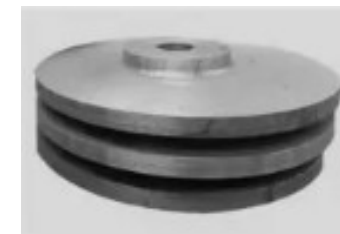
- Dobře slévatelná
- Použití: ojnice, sloupky řízení a řadicí vidlice automobilů, páky ve strojírenství

✓ Vermikulární litina

- Modifikace šedé litiny
- Použití: tepelně namáhané součásti – bloky a hlavy válců spalovacích motorů a součásti brzd



Vložka do kulového mlýnu
z bílé litiny



Součást těžebního drtiče
z bílé litiny



Křídlová matice
z temperované litiny



Fitinka z temperované litiny



Kompresorová skříň
z vermikulární litiny

Litina – MOTOR JIKOV – slévárna litiny



Řez odlitkem kardanu



Prvky řízení pro golfové vozíky



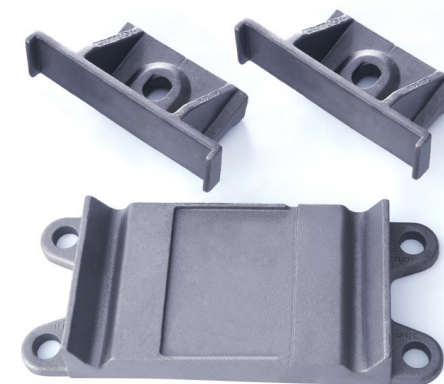
Díly převodovky



Držáky blatníků



Náboje průmyslových převodovek



Dílec pro uchycení kolejnic

Neželezné kovy

- ✓ Pojmem neželezné kovy rozumíme všechny kovy a slitiny, u kterých je základním prvkem jiný kov, než železo
- ✓ V periodické tabulce prvků můžeme najít celkem 55 kovových prvků, včetně polovodičů, jedná se tedy o velmi širokou kategorii materiálů
- ✓ Neželezné kovy je možné dělit z mnoha hledisek, mezi které patří například způsob zpracování, hustota, tavící teplota nebo chemická reaktivnost
- ✓ Podle ČSN EN dělíme neželezné kovy a jejich slitiny následovně:
 - Lehké neželezné slitiny: slitiny hliníku, hořčíku nebo titanu
 - Těžké neželezné slitiny: slitiny mědi, niklu, kobaltu, zinku, olova, cínu
- ✓ Neželezné kovy jako technické materiály dělíme obvykle na:
 - Slitiny kovů s nízkými teplotami tání: slitiny olova, zinku, cínu nebo rtuti
 - Slitiny lehkých kovů: slitiny hliníku, hořčíku
 - Slitiny kovů se středními teplotami tání: slitiny mědi, niklu nebo kobaltu
 - Slitiny kovů s vysokými teplotami tání: wolframu, titanu, molybdenu nebo zirkonu

Neželezné kovy ve světě – údaje ze sléváren

✓ Z neželezných kovů je celosvětově nejvíce odlévaný hliník a jeho odlité množství se neustále zvyšuje

Kov	2011	2014	2015
Měď	1 743 817	1 745 611	1 761 182
Hliník	14 051 924	16 324 073	16 053 014
Hořčík	226 673	160 808	198 121
Zinek	587 947	545 661	675 022
Ostatní neželezné kovy	486 764	496 779	1 354 841



Odlitky ze zinkové slitiny



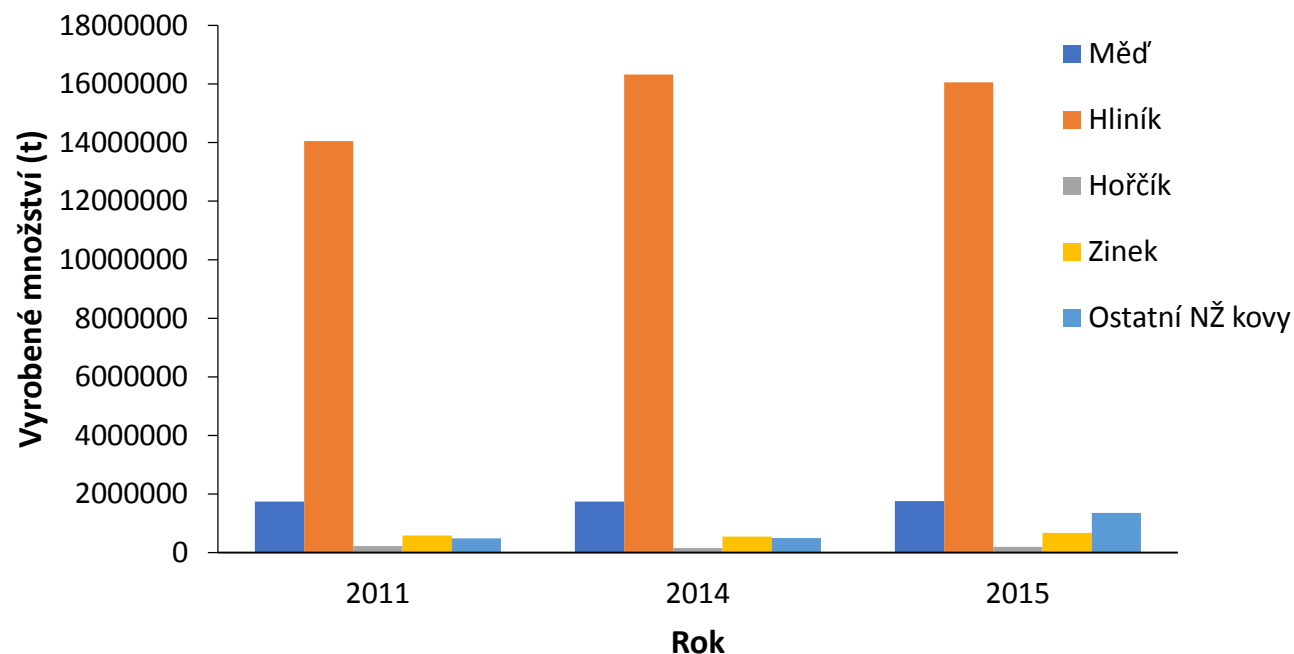
Odlitky ze slitiny mědi



Odlitky ze slitiny hliníku



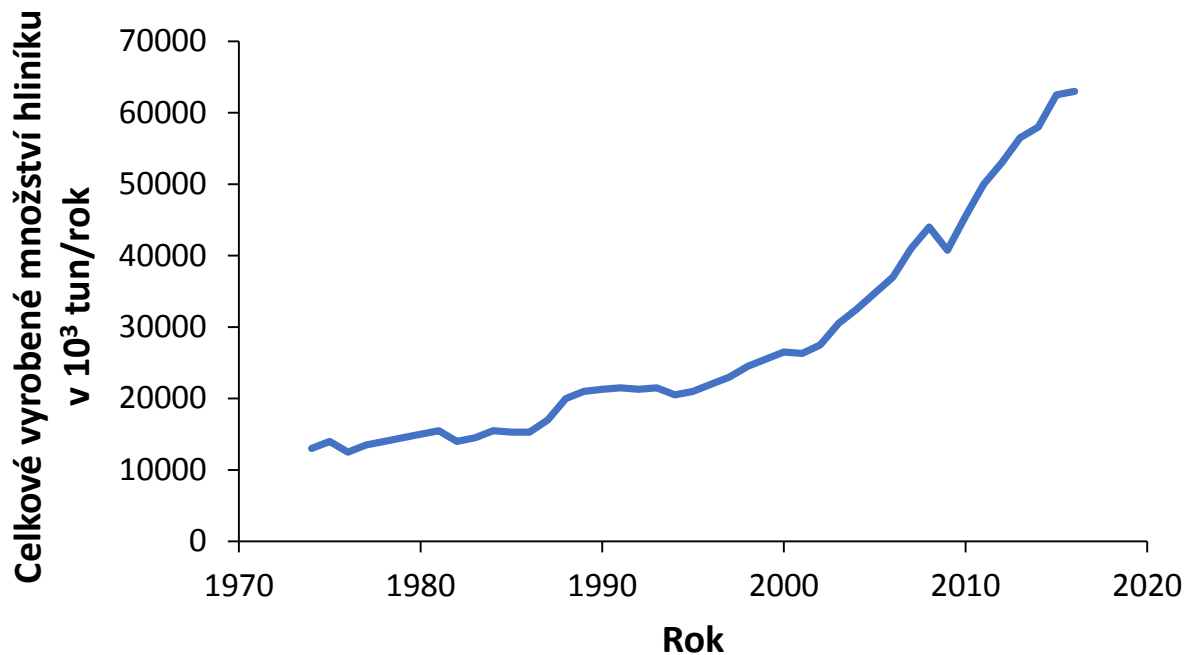
Celosvětová výroba neželezných kovů



Hliník a jeho slitiny - produkce

- ✓ Celosvětový vývoj produkce hliníku má téměř exponenciální trend
- ✓ Hliník nahrazuje dražší ocel především díky svojí lehkosti, pevnosti a nižší ceně
- ✓ Největší spotřeba hliníku je v automobilovém průmyslu

Vývoj celosvětové produkce primárního hliníku

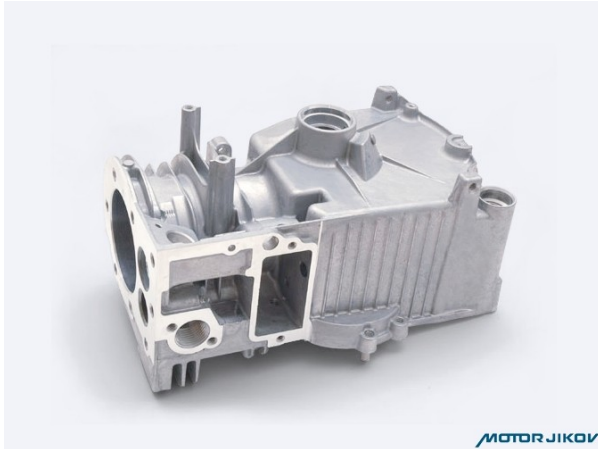


Hliníková karoserie – Jaguar XJ



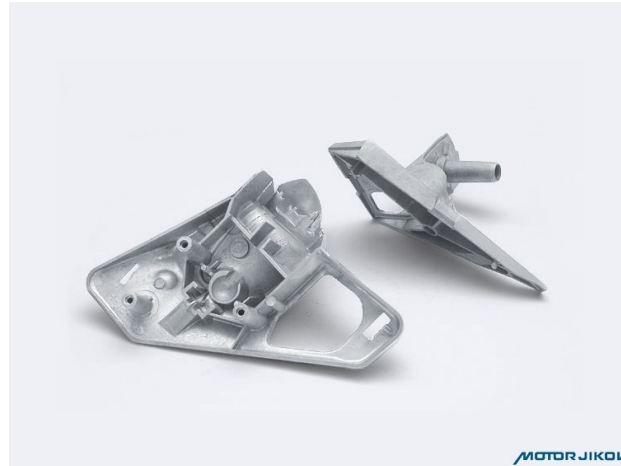
Hliníkový tlakový hrnec

Hliník a jeho slitiny – MOTOR JIKOV – tlaková slévárna



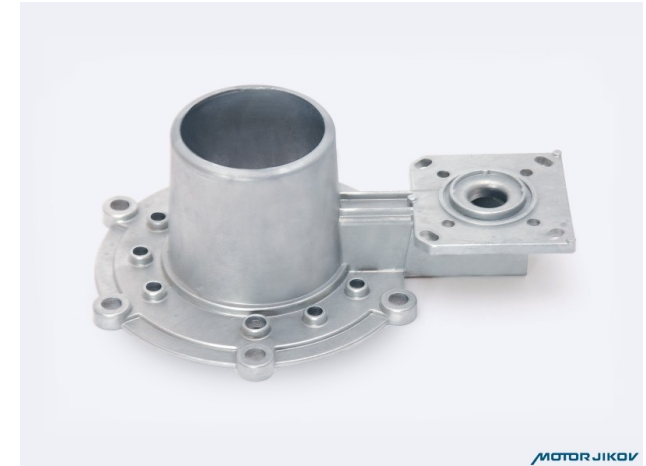
MOTOR JIKOV

Válec motoru pro zahradní techniku



MOTOR JIKOV

Tělesa zpětných zrcátek automobilu



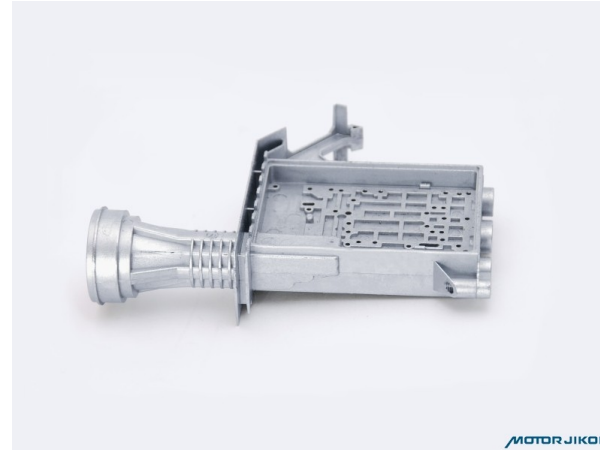
MOTOR JIKOV

Tělo směšovače plynu pro plynové kotle



MOTOR JIKOV

Víko válce motoru pro zahradní techniku



MOTOR JIKOV

Odlitek snímače satelitního signálu



MOTOR JIKOV

Odlitek převodovky pro stírání okna automobilu

Použitá literatura

- ✓ BOTHE, Otakar. *Strojírenská technologie I pro strojírenské učební obory: doporučený učební text pro střední odborná učiliště*. Praha: Sobotáles, 1997. ISBN 80-85920-42-5.
- ✓ VOJTĚCH, Dalibor. *Kovové materiály*. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2006. ISBN 80-7080-600-1.
- ✓ ROUČKA, Jaromír. *Metalurgie neželezných slitin*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 80-214-2790-6.
- ✓ MOHYLA, Miroslav. *Strojírenské materiály I*. 2. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2003. ISBN 80-248-0270-8.
- ✓ *World steel in figures 2019* [online]. World Steel Association. Dostupné z: <https://www.worldsteel.org/en/dam/jcr:96d7a585-e6b2-4d63-b943-4cd9ab621a91/World%2520Steel%2520in%2520Figures%25202019.pdf>
- ✓ *49th Census of World Casting Production: Modest Growth in Worldwide Casting Market*. Dostupné z: www.foundryinfo-india.org/statistics/Dec15%20Census.pdf
- ✓ *50th Census of World Casting Production: Global Casting Production Stagnant*. Dostupné z: www.foundryinfo-india.org/statistics/Census-2016-Modern-Casting.pdf
- ✓ *47th Census of World Casting Production: Dividing Up the Global Market*. Dostupné z: <https://www.globalcastingmagazine.com/wp-content/uploads/2016/04/47th-Census.pdf>
- ✓ LOSERTOVÁ, Monika. *Vývoj použití materiálů v automobilovém průmyslu*. Dostupné z: <https://docplayer.cz/9186887-Vyvoj-pouziti-materialu-v-automobilovem-prumyslu.html>

Použitá literatura

- ✓ MOTOR JIKOV Slévárna a.s. – divize Slévárna litiny. *Motorjikov* [online]. Dostupné z: www.motorjikov.com/media/fotogalerie/mjsl-divize-slevarna-litiny/?nggpage=3
- ✓ MOTOR JIKOV Slévárna a.s. – divize Tlaková slévárna. *Motorjikov* [online]. Dostupné z: www.motorjikov.com/media/fotogalerie/mjsl-divize-tlakova-slevarna/
- ✓ Tvárná litina. *Heunisch* [online]. Dostupné z: <https://www.heunisch.eu/cs/produkty/tvarna-litina>
- ✓ Šedá litina. *Heunisch* [online]. Dostupné z: <https://www.heunisch.eu/cs/produkty/seda-litina>
- ✓ Vermikulární litina. *Heunisch* [online]. Dostupné z: <https://www.heunisch.eu/cs/produkty/vermikularni-litina>
- ✓ *White Cast Iron – Types, Microstructure and Applications* [online]. Dostupné z: <https://materials-today.com/white-cast-iron-types-microstructure-and-applications/>