

Kovové pěny - Al

Materiálové a technické trendy v dopravě
ÚTM/PY058

Bc. Tomáš Vlach

Kovové pěny

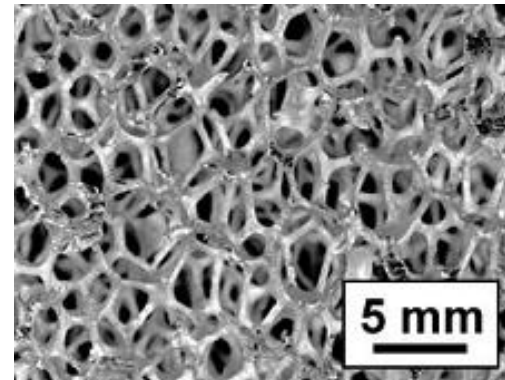
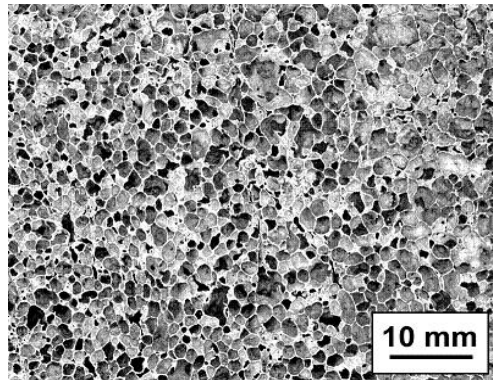
- Porézní kov se záměrně vytvořenými dutinami, pravidelně nebo nepravidelně uspořádanými
- Skupina technického materiálu s nízkou hustotou a novými fyzikálními, mechanickými, tepelnými, elektrickými a akustickými vlastnostmi
- Jedná o kovové buněčné materiály s vysokým podílem pórovitosti (od 40 do 90 objemových %)
- Vysoká tuhost ve spojení s velmi nízkou měrnou hmotností
- Vysoká pevnost v tlaku v kombinaci s dobrou absorpcí energie
- V současnosti největší uplatnění hlavně pěnový hliník a jeho slitiny (díky nízké měrné hmotnosti, nízké teplotě tavení, vysoké tuhosti a houževnatosti a rovněž dobré korozní odolnosti)
- Lze vyrobit i ze zinku, olova, niklu, mědi, hořčíku, železa nebo titanu – avšak neperspektivní

Kovové pěny

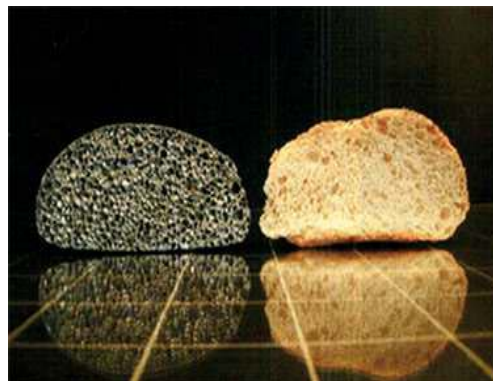
Dle vnitřní struktury dělíme porézní materiály na tyto základní typy:

- 1) s uzavřenými póry nebo otevřenými póry
- 2) s houbovitou strukturou
- 3) s lotosovou strukturou (s orientovanými póry)

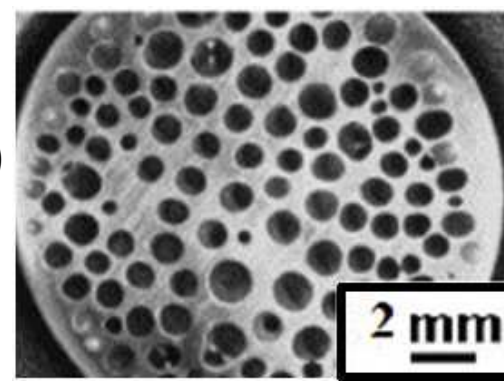
1)



2)



3)



Výroba

- Základem výroby je tvorba bublin v roztaveném kovu a následná stabilizace pěnové struktury během celého procesu vzniku
- Cílem je rovnoměrného rozložení jednotlivých buněk po celém obsahu materiálu

Máme několik metod výroby kovových pěn na bázi hliníku:

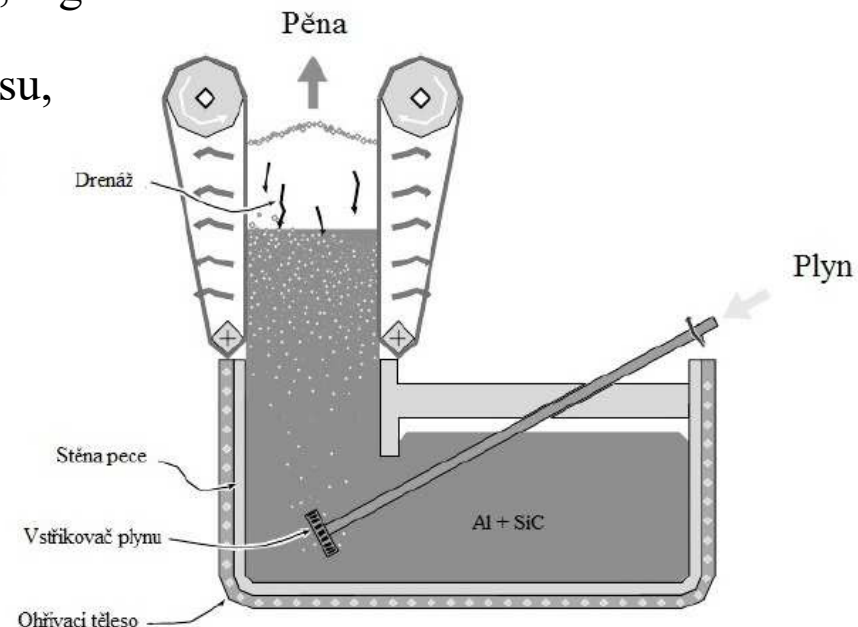
- 1) Metoda vstřikování plynu
- 2) Přimíchávání pěnidla do taveniny
- 3) Výroba pěn z vylisovaných práškových směsí
- 4) Přesycení taveniny plynem
- 5) Výroba pomocí polymerové šablony

1. Metoda vstřikování plynu

- nejrozšířenější způsob výroby kovové pěny
- dá se dobře provádět s různými čistými kovy v roztaveném stavu – nejčastěji však hliník (tavenina odolná proti oxidaci se vzduchem, nízká měrná hmotnost)
- je zapotřebí, aby pěna vydržela stabilní do té doby, než ztuhne – řešíme zvýšením viskozity.
- jako plyn je běžně používaný vzduch, ale i oxid uhličitý, kyslík, inertní plyny

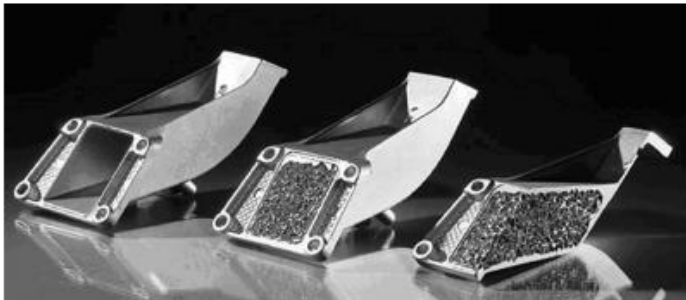
1.1 Metoda vstřikování plynu - Cymat

- Firma Cymat vyrábí pěnový hliník metodou vhánění plynu do taveniny z externího zdroje
- Kolaboraci pěny se zabraňuje přidáváním keramických částic, jako jsou prášky karbidu křemíku, či oxidu hořečnatého
- Produkty označované jako SAF – stabilized aluminium foam
- Rotační nebo vibrační čerpadlo zajišťuje rovnoměrné rozložení jemných bublinek plynu v tavenině. Jako plyny se používají vzduch, dusík, argon
- Z tavící pece se pěna vytahuje po dopravním pásu, kde dochází k tuhnutí a konečnému rozřezání
- Výhodou je jednoduchost a relativně levnou kontinuální výrobu
- 10 – 20% keramických částí – tupí nástroje
- Produkty – pěnové desky

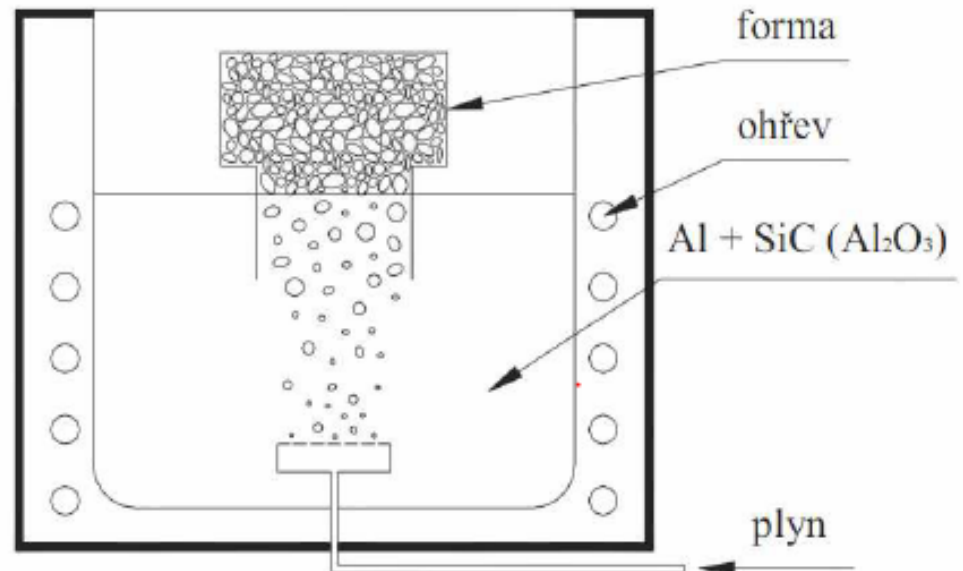


1.2 Metoda vstřikování plynu – Metcomb (LKR)

- Základem procesu je vytváření plynových bublin v tavenině, které stoupají vzhůru k povrchu taveniny a hromadí se v dutině formy
- Potom následuje ochlazení a následné obrobení odlitku. Podle účelu použití se vytváří s otevřenými i uzavřenými buňkami
- Legování karbide křemíku nebo oxidu hlinitého v obsahu okolo 20 % hmotnosti
- Hustota produktů 0,4 – 0,9 g/cm³
- Pro výrobu trojrozměrných dílců



Držák motoru BMW – dutý odlitek, odlitek s pěnovým jádrem



2. Přimíchávání pěnidla do taveniny - Alporas

- Celý proces probíhá v pecích a skládá se z několika částí
- V první fázi výroby se přidávají do roztaveného hliníku pevné částice vápníku nebo mangan (1-2%), aby došlo k jejímu zhuštění a tím i zvýšení viskozity
- Do takto připravené směsi se přimíchá tzv. zpěňovadlo TiH_2 (1-2%, velikost zrna 5 - 20 μm), které vytvoří malé bubliny
- Správný průběh procesu je zajištěn dodržáním dané teploty, tlaku a času tavenina správně a rovnoměrně tuhnutí, jinak začne unikát vodík z pór a nastane kolaborace pěny
- Rozřezáváním velkých dílců ztrácí svou povrchovou celistvost a tím svou pevnost v tahu
- Při řezání dochází k rychlému opotřebení řezných nástrojů
- Alporas je i hůře recyklovatelný díky relativně velkému obsahu vápníku
- Produkty - mají hmotnost kolem 180 kg, jejich hustota se pohybuje v rozmezí jen 0,20 – 0,25 g/cm^3

3. Výroba pěn z vylisovaných práškových směsí

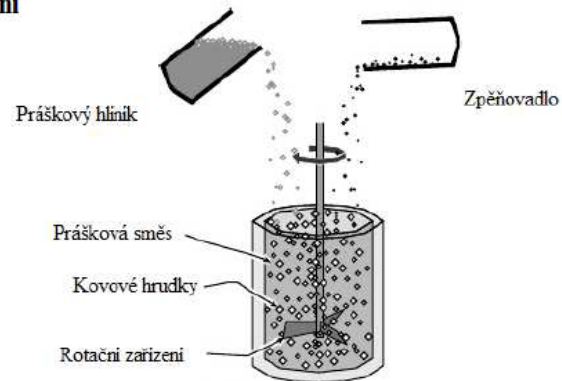
Lisování práškových směsí - Alulight

- První stádiu výroby - důkladné promíchání práškového hliníku se zpěňovacím činidlem (TiH_2 , popř. ZrH_2)
- Následuje zkomprimování této směsi za studena - vylisování nebo válcování
- Takto vzniklý polotovar se dále za tepla protlačovacím lisováním vytvaruje do podoby plátů a tyčí, které se vloží do uzavřené formy
- Cílem je rovnoměrné rozložení pěnicího činidla v celém objemu
- Ohříváním směsi nad teplotou solidu dochází k rozkládání TiH_2 - dále k expandování (pěnění) vodíku v polotuhém stavu
- Celý obsah nádoby se vyplní uzavřenými buňkami o průměru v rozsahu od 1 do 5 mm.
- Po ztuhnutí vzniká součást z porézního hliníku se souvislou povrchovou vrstvou, která zlepšuje jeho mechanické vlastnosti

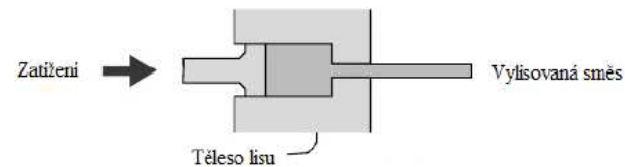
3. Výroba pěn z vylisovaných práškových směsí

Lisování práškových směsí - Alulight®

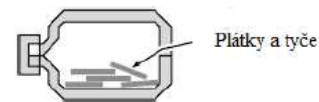
Smíchávání přísad



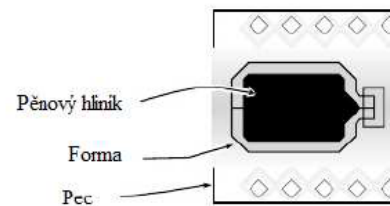
Lisování



Nařezané výlisky



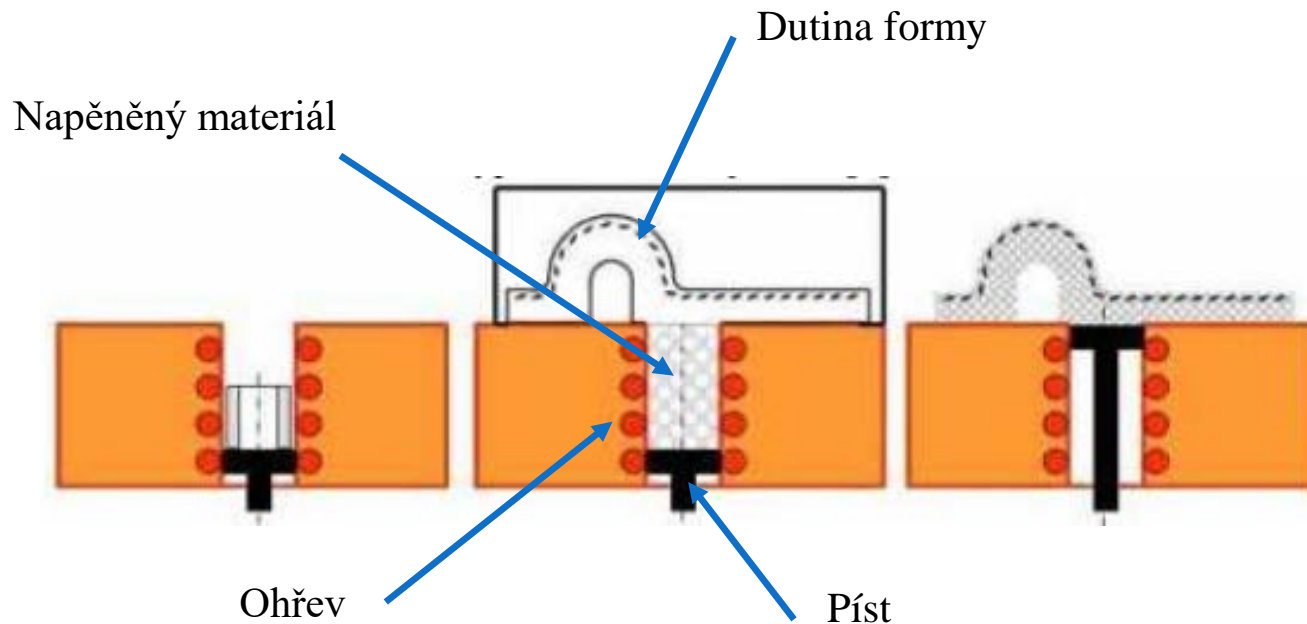
Pěnění



3. Výroba pěn z vylisovaných práškových směsí

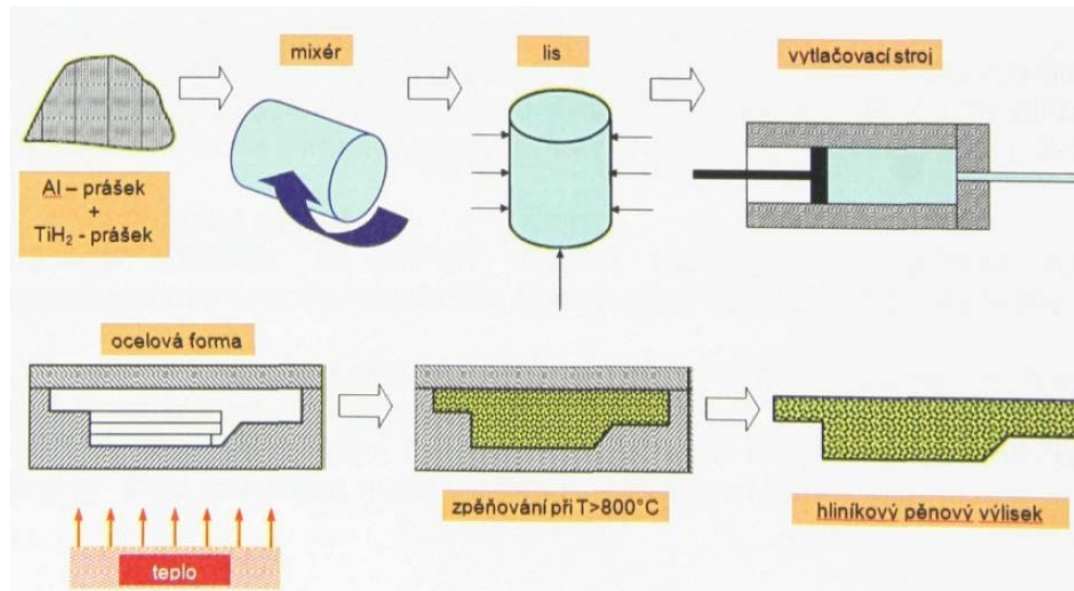
Nízkotlaké odlévání

- K samotnému roztavení a následnému vypěnění dochází ve speciálním kontejneru
- Nejprve napěněný hliník zaplní dutinu kontejneru a poté se vtlačí do připravené formy pomocí pístu
- Tímto způsobem lze snadno a rychle vyrobit součást z porézního hliníku nejrůznějších tvarů

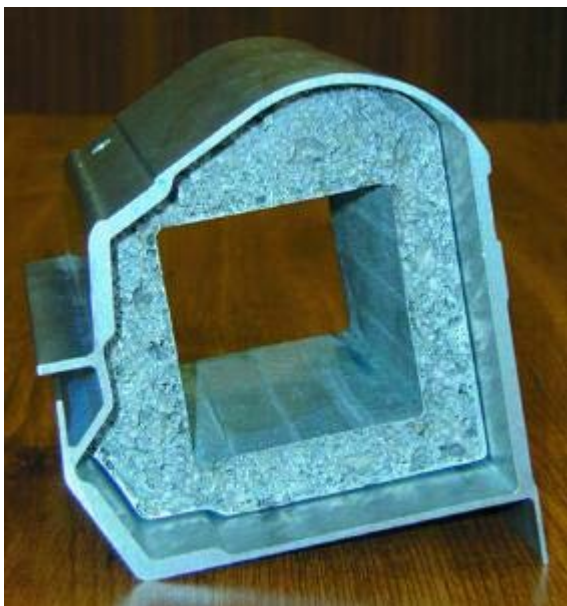
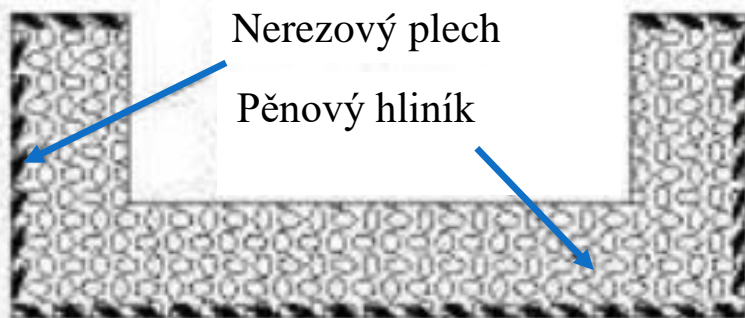


3. Výroba pěn z vylisovaných práškových směsí

- Je určena k výrobě porézních hliníkových panelů (dále jen sendvičů)
- Základem je polotovár obsahující směs práškového hliníku a TiH_2
- Následuje lisování za tepla, do povrchu polotovaru se zaválcuje nerezový nebo hliníkový plech -> Znovu vložíme do připravené formy a zahříváme nad teplotu solidu taveniny
- Plechy pevně přilnou na vnitřní plochu formy
- Po ztuhnutí se vytvoří sendvič s pevným povrchem a pěnovým jádrem.



3. Výroba pěn z vylisovaných práškových směsí



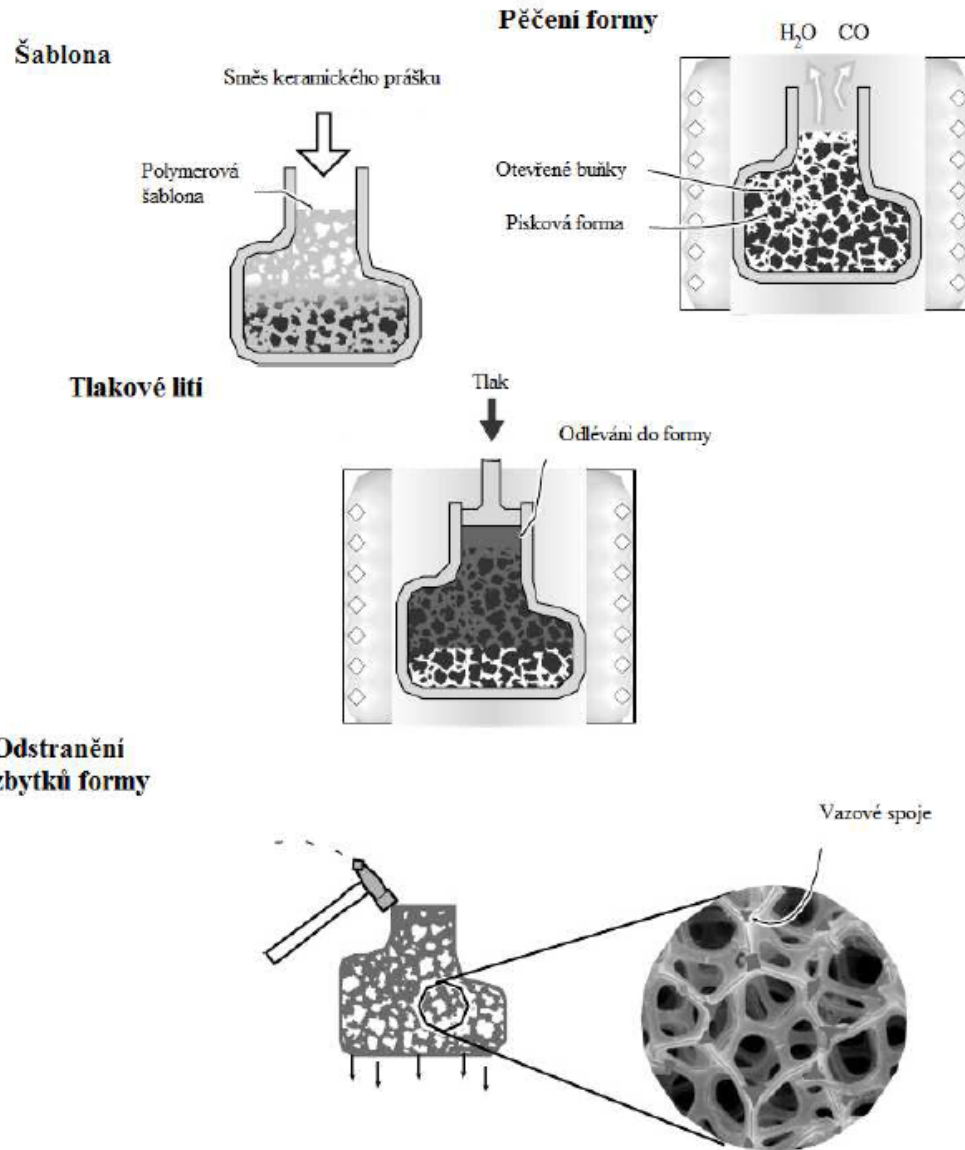
4. Přesycení taveniny plynem

- Nekomerční metoda výroby kovové pěny, která je založena na tuhnutí hliníkové taveniny za přetlaku vodíkem
- Nejčastěji se takto vyrábí pěnový hliník, ale můžou se použít i jiné kovy (Fe, Mn, Cr, Be, Mg a slitiny na bázi Ni)
- Pec je umístěna v tlakové nádobě, kde se taví hliník.
- Celý proces probíhá ve vodíkové atmosféře s regulací tlaku (obvykle se pohybuje v rozmezí od 5 do 10 MPa), snahou je dosáhnout stavu eutektické koncentrace.
- Poslední fází výroby je řízené chlazení. Výsledný materiál obsahuje poměrně velký podíl protažených buněk (lotosů).
- Orientace a četnost takto vzniklých buněk závisí na mnoha faktorech např. na chemickém složení slitiny, na obsahu i tlaku vodíku, přehřátí taveniny, ale také na rychlosti a způsobu chlazení
- Velké výrobní náklady a nároky na bezpečnost

5. Výroba pomocí polymerové šablony - Duocel

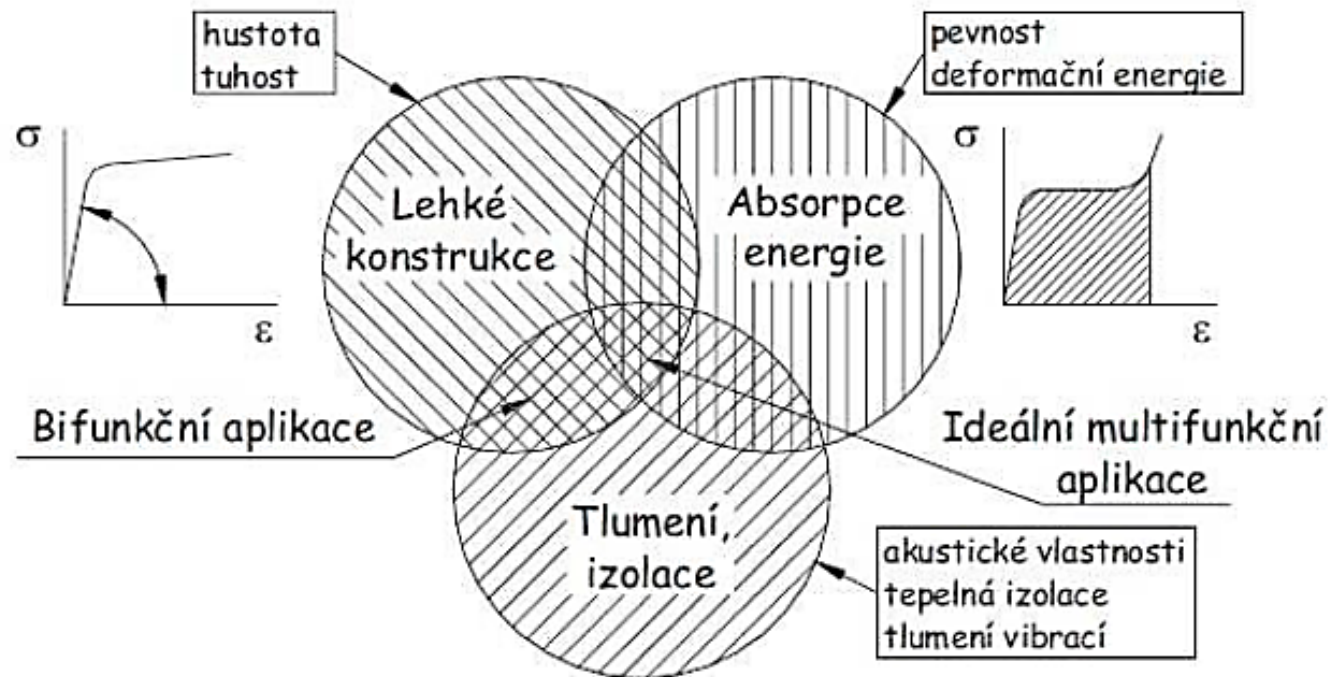
- Z kovů se touto metodou pro odlévání používá pouze měď a hliník.
- Struktura s otevřeným typem buněk
- V první fázi výroby se vytvoří polymerní pěnová šablona s požadovanou velikostí a četností buněk, následně je potažena vlhkou směsí obsahující keramický prášek
- Následně se polymerní šablona vysuší a keramický prášek se pevně usadí na stěnách.
- Forma se peče do doby, dokud se veškerý polymer nerozloží (neodpaří) - negativní obraz pěny
- Nyní se tlakovým litím vyplní celá forma roztaveným kovem a nechá vychladit.
- V poslední fázi procesu odstraníme zbytky pískové formy.
- Porézní materiál vzniklý takovým způsobem dosahuje extrémně nízké hustoty, pěna zabírá pouze 3 – 12 % z celkového objemu tuhého kovu
- Velikost buněk se pohybuje v rozmezí od 1 do 5 mm

5. Výroba pomocí polymerové šablony - Duocel



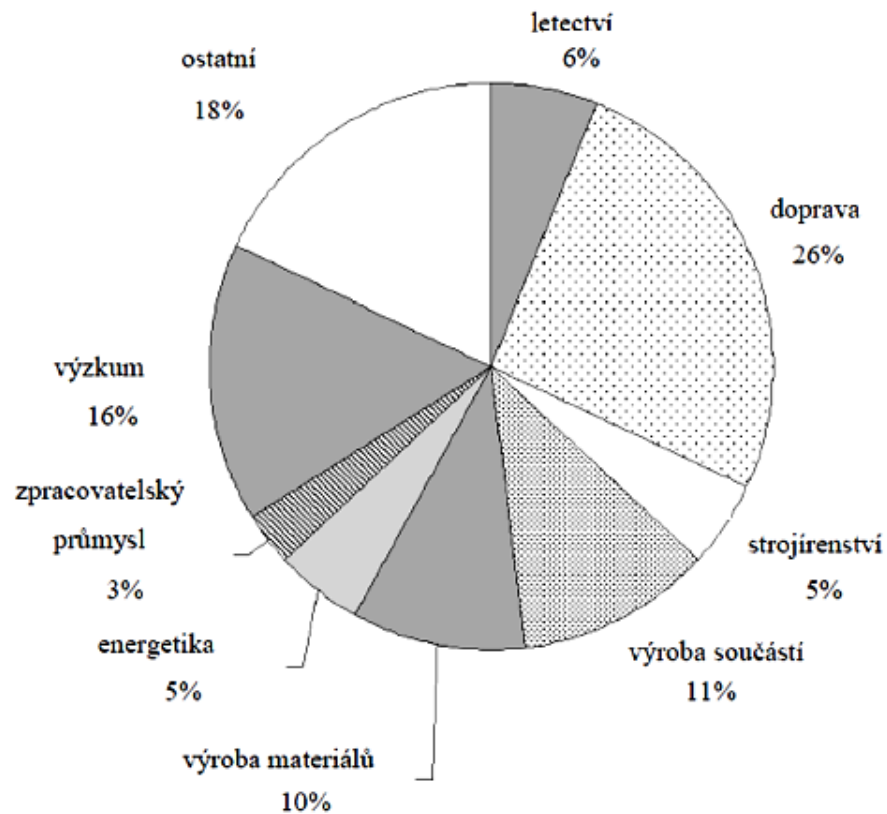
Oblasti a aplikace použití kovových pěn

- Ideálním případem jsou pro využití pěnového hliníku takové aplikace, kde se využívá více předností tohoto materiálu
- Tři nejdůležitější přednosti pro většinu konstrukčních aplikací na obrázku níže
- V řadě případů postačí kombinace pouze dvou z nich

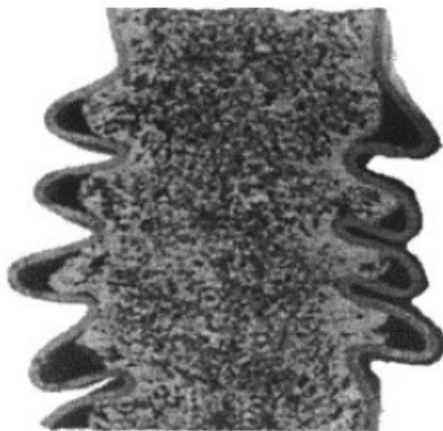
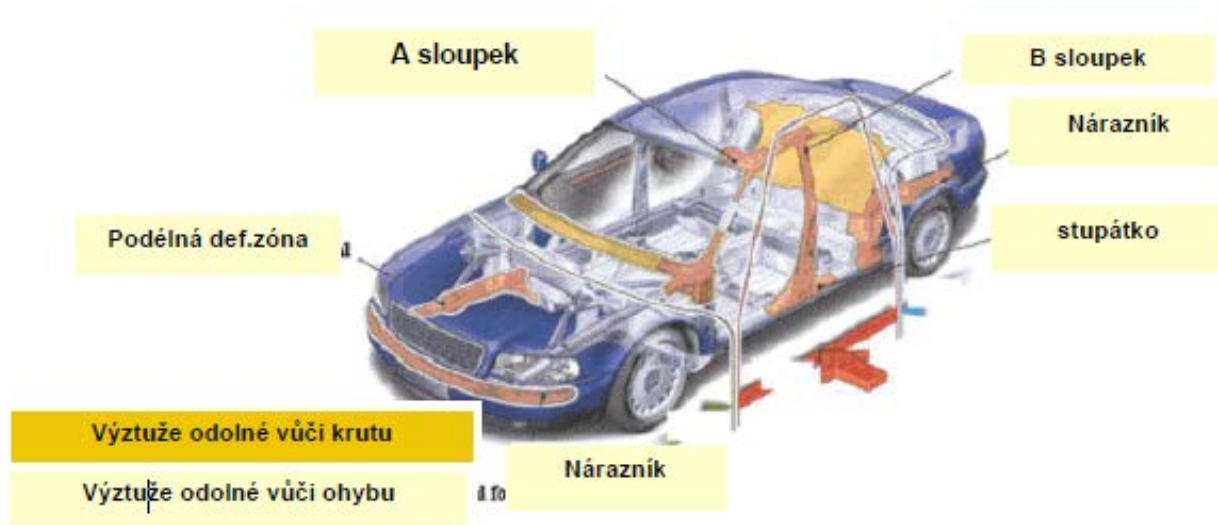


Oblasti a aplikace použití kovových pěn

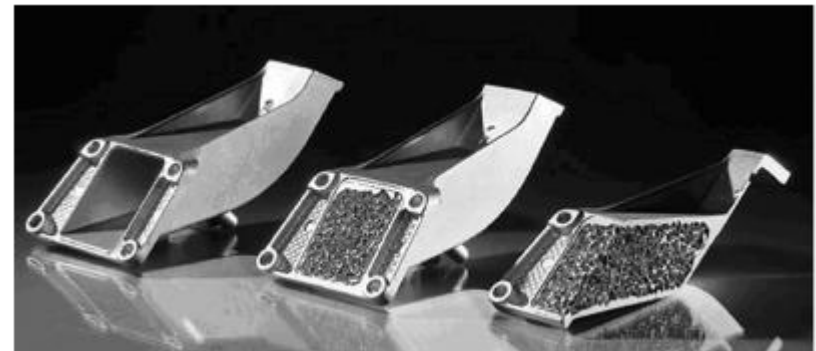
- Na grafu níže můžeme vidět, kde všude se lze setkat s kovovými pěnami
- Největší zastoupení má kovová pěna v dopravě, především v automobilovém průmyslu



Oblasti a aplikace použití kovových pěn



Rám s hliníkovou pěnou po deformaci



Držák motoru BMW – dutý odlitek, odlitek s pěnovým jádrem

DĚKUJI ZA POZORNOST

A decorative graphic element consisting of several horizontal lines of varying lengths and colors (blue and white) extending across the bottom of the slide.

Zdroje

- 1) MICHNA, Š., LUKÁČ, I., OČENÁŠEK, V., KEŘENÝ, R., DRÁPALA, J., SCHNEIDER, H., MIŠKUFOVÁ, A., a kol., Encyklopedie hliníku, Prešov 2005, ISBN 80-890-4188-4.
- 2) PLUHAŘ, J. a kol.: Nauka o materiálu 1, Praha, SNTL
- 3) Aluminium-Foam Sandwich (AFS) - Produkt Information, Alulight AFS GmbH
- 4) ARCHITECTURAL METAL SOLUTIONS, Alusion
- 5) GRGAČ, P., J. JANOVEC a M. DOMÁNKOVÁ. Nové materiály a technológie. Bratislava: STU, 2007. ISBN 978-80-227-2599-6.
- 6) ROUČKA, J. Metalurgie neželezných slitin. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 80-214-2790-6.
- 7) <https://www.mmspektrum.com/clanek/vyrobky-z-hlinikove-peny.html>