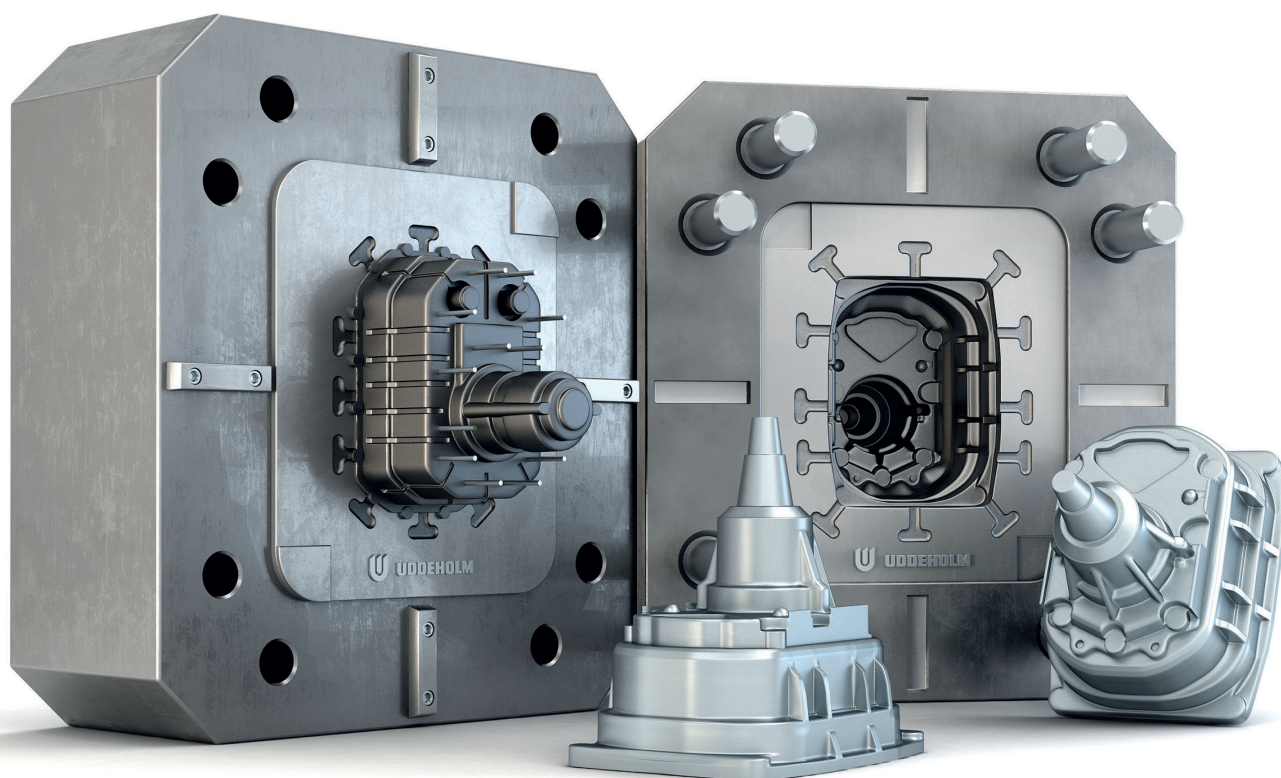


UDDEHOLM OCELE PRE

TLAKOVÉ LIATIE



© UDDEHOLMS AB

Žiadna časť tejto publikácie nesmie byť reprodukováaná alebo prenášaná na komerčné účely bez súhlasu držiteľa práv.

Tieto informácie sa zakladajú na súčasnom stave poznatkov a majú poskytovať základný prehľad produktov a ich použitia. Nemôžu byť preto chápané ako garancia špecifických vlastností produktov alebo garancia životnosti pre určitý účel použitia.

Klasifikované podľa EU Direktívy 1999/45/EC

Ďalšie informácie nájdete v brožúrach "Material Safety Data Sheets".

Edícia: 9, 09 2018



Výber dodávateľa nástrojovej ocele je kľúčové rozhodnutie pre výrobcu nástroja, používateľa nástroja aj konečného zákazníka. Vďaka vynikajúcim vlastnostiam materiálov, zákazníci Uddeholmu dostávajú spoľahlivé nástroje a komponenty. Naše produkty sú technickou špičkou. Na tom sme si vybudovali povesť najinovatívnejšieho výrobcu nástrojovej ocele na svete.

Uddeholm vyrába a dodáva vysoko kvalitnú švédsku oceľ k 100 000 zákazníkom vo viac ako 100 krajinách.

Nech sa nachádzate v ktorejkoľvek časti výrobného reťazca, považujte Uddeholm za prvú voľbu dodávateľa ocele pre nástroje s optimálnou životnosťou a ekonomikou výrobného procesu.

OBSAH

Úvod	4
Požiadavky na odliatok	4
Pravidlá konštrukcie formy	5
Výroba formy	6
Životnosť formy	10
Požiadavky na nástrojové ocele pre formy	12
Kritériá kvality materiálu a tepelného spracovania	17
Sortiment akostí ocelí	
– Základný popis	18
– Chemické zloženie	19
– Kvalitatívne porovnanie	19
Odporúčanie pre typ a tvrdosť ocele	20

ÚVOD

Tlakové liatie ponúka ekonomicky efektívny spôsob výroby veľkého počtu dielov komplikovaných tvarov v úzkych toleranciách zo zliatin hliníka, horčíka, zinku a meďi.

Rast produkcie v odvetví tlakového liatia vychádza predovšetkým z potrieb automobilového priemyslu, kde hrá redukcia hmotnosti a použitie ľahkých zliatin kľúčovú úlohu.

Dlhé výrobné série kladú vysoké požiadavky na životnosť foriem. Posledné desaťročia je Uddeholm lídrom vo vývoji nástrojových materiálov, spĺňajúcich tieto požiadavky a kritériá tých najprísnejších odvetvových a firemných špecifikácií. Sú to ocele ako Uddeholm Orvar Supreme, Uddeholm Orvar Superior, Uddeholm Vidar Superior, Uddeholm QRO 90 Supreme a Uddeholm Dievar.

Zlievárne zaznamenávajú významné úspory používaním týchto premium - akostných ocelí,

spracovaných presne popísanými postupmi. Ďalšie úspory sa dosahujú optimalizáciou tvaru odliatku a formy a tiež celého procesu liatia.

POŽIADAVKY NA ODLIATOK

Zvyšujúce sa nároky na odliatok sú motorom vývoja nových zliatin s vyššou pevnosťou a húževnatosťou, zlepšenou obrábateľnosťou, zvariteľnosťou a odolnosťou proti korózii. Trendy v dizajne odliatkov sú nasledovné:

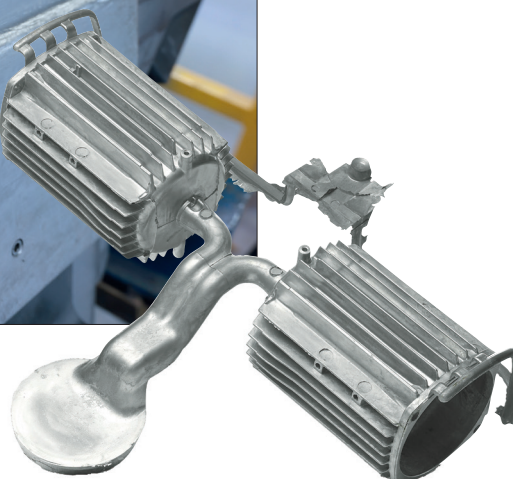
- rozmerovo väčšie komponenty
- tenšie steny
- komplikovanejšie tvary
- presnejšie tolerancie

Tieto trendy favorizujú tlakové liatie pred ostatnými podobnými výrobnými metódami, ako nízkotlakové alebo gravitačné liatie.

Forma pre tlakové liatie hliníka.



Hliníkový odliatok krytu čerpadla s vtokovou sústavou.

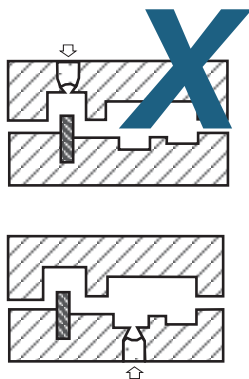


PRAVIDLÁ PRE KONŠTRUKCIU FORMY

Dizajn formy primárne určuje tvar odliatku. Okrem toho je tam mnoho ďalších aspektov majúcich vplyv na dizajn a životnosť formy.

TVAROVÁ ČASŤ

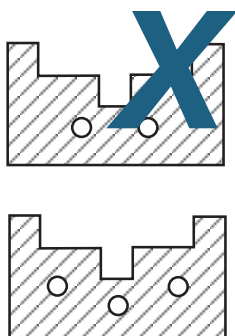
Nástrojové ocele sú pri vysokej pevnosti extrémne citlivé na vruby. Preto sú dôležité plynulé zmeny v hrúbkach sekcií a najväčšie možné prechodové rádiusy.



Aby sa znížilo riziko erózie a tepelnej únavy v blízkosti vtoku, steny tvaru alebo jadrá by mali byť od vtoku vzdialené čo najviac.

CHLADIACE KANÁLY

Poloha chladiacich kanálov voči kontúre tvaru by mala zabezpečiť čo najrovnomernejšie rozloženie teploty v tvare ako je len možné.



Dôležitá je aj kvalita povrchu chladiacich kanálov. Jednak kvôli účinnosti chladenia, jednak kvôli odolnosti proti korózii.

VTOKOVÁ SÚSTAVA, VTOKOVÝ NÁREZ A ĽADVINKY

Pre dosiahnutie optimálnych procesných podmienok pri odlievaní musí byť dosiahnutá tepelná rovnováha hlavne v najviac prehrievaných oblastiach (vtokový kanál, nárez, ľadvinky, tvar). Preto je dizajn týchto častí veľmi dôležitý. Do častí tvaru, ktoré sú problematické pre tečenie zliatiny, sa umiestňujú ľadvinky, aby miestne zvýšili teplotu a uľahčili vyplnenie tvaru (alternatívou je vákuovanie). Vo viacdutinových formách je dôležité, aby mali všetky vtokové kanály rovnakú dĺžku, vyplňovanie tvaru po sekciách prebiehalo v rovnakom čase, vtokové nárezy a ľadvinky sú identické.

Šírka, hrúbka a poloha vtokových nárezov sú kľúčové pre rýchlosť tečenia zliatiny. Vtok musí mať taký tvar, ktorý umožní vstrekovanej zliatine hladké vyplnenie všetkých častí dutiny. Nevhodný tvar spôsobuje turbulencie, riziko erózie a tepelnej únavy.

PRAVIDLÁ PRE URČENIE ROZMEROV TVAROVEJ VLOŽKY

Toto sú pravidlá pre určenie základných rozmerových parametrov tvarovej vložky:

1. Vzdialenosť kontúry tvaru od vonkajšieho okraja tvarovej vložky >50 mm
2. Pomer hĺby tvaru k celkovej hrúbke vložky $<1:3$
3. Vzdialenosť kontúry od steny chladiaceho kanála >25 mm
Vzdialenosť rohu kontúry od steny chladiaceho kanála >50 mm
4. Prechodové vnútorné rádiusy:
Zinok >0.5 mm
Hliník >1 mm
Mosadz >1.5 mm
5. Vzdialenosť steny kontúry od vtoku >50 mm

VÝROBA FORMY

Pri výrobe formy sú osobitne dôležité tieto faktory:

- opracovateľnosť
- elektroiskrové hĺbenie (EIH)
- tepelné spracovanie
- rozmerová stabilita
- povrchové úpravy
- opraviteľnosť naváraním

OPRACOVATEĽNOSŤ

Opracovateľnosť martenzitických ocelí pre prácu za tepla je ovplyvnená hlavne množstvom nekovových vmestkov ako sulfidy mangánu a tvrdosťou ocele.

Pretože výkon a životnosť foriem pre tlakové liatie môže byť zvýšená redukciami množstva nečistôt, ako napríklad sulfidy a oxidy, ocele Uddeholm Dievar, Uddeholm Orvar Supreme, Uddeholm Orvar Superior, Uddeholm Vidar Superior a Uddeholm QRO 90 Supreme sú vyrábané s extrémne nízkym obsahom síry a kyslíka.

Optimálna štruktúra pre opracovanie je feritická matrica, žíhaná na mätko na najnižšiu možnú tvrdosť, v ktorej sú rovnomerne rozptýlené a zaoblené karbidy. Výsledkom procesu "Microdizing" je homogénna štruktúra s tvrdosťou asi 160HB pre Uddeholm Dievar a 180 HB pre Uddeholm Orvar Supreme, Uddeholm Orvar Superior, Uddeholm Vidar Superior a Uddeholm QRO 90 Supreme. Charakteristická je rovnomerná opracovateľnosť.

Odporúčania pre sústruženie, frézovanie a vŕtanie akostí Uddeholm Dievar, Uddeholm Orvar Supreme, Uddeholm Orvar Superior, Uddeholm Vidar Superior a Uddeholm QRO 90 Supreme možno nájsť v produktových brožúrach.

ELEKTRO-ISKROVÉ HĽBENIE (EIH)

EIH je pri výrobe foriem široko využívaná metóda po mnoho rokov.

Alternatívou EIH je vysokorýchlostné obrábanie.

Základným princípom EIH sú elektrické výboje medzi grafitovou alebo medenou elektródou - anódou a oceľou - katódou v dielektrickom médiu. Počas procesu je povrch ocele vystavený vysokej teplote, pri ktorej sa taví a odparuje. Na povrchu vznikne po roztavení a stuhnutí krehká vrstva, pod ňou vrstva nanovo prekalená a vrstva vysoko popustená.

Povrch ovplyvnený EIH môže za určitých okolností spôsobiť haváriu formy. Preto sa odporúča podniknúť preventívne niektoré kroky:

EIH ŽÍHANÉHO MATERIÁLU

- A Konvenčné obrábanie.
- B Prvý krok EIH, potrebné zabrániť "horeniu" oblúka. Po ňom dokončovacie krok s nízkym prúdom a vysokou frekvenciou.
- C Brúsenie a leštenie ovplyvneného povrchu. inak hrozí trhliny počas ohrevu a kalenia. Pomyľujúci stupňovitý ohrev na kaliacu teplotu.

Viac informácií k EIH je možné nájsť v originálnej brožúre Uddeholm "EDM of Tool Steel".

EIH KALENÉHO A POPUSTENÉHO MATERIÁLU

- A Konvenčné obrábanie.
- B Kalenie a popustenie.
- C Prvý krok EIH, potrebné zabrániť "horeniu" oblúka a veľkým úberom. Dokončovanie s nízkym prúdom a vysokou frekvenciou.
- D (i) Brúsenie a leštenie hĺbeného povrchu .
(ii) Popustenie pri teplote 15–25°C nižšej ako popúšťacia teplota po kalení.

TEPELNÉ SPRACOVANIE

Ocele pre tlakové liatia sa normálne dodávajú v stave žíhané na mätko. Po opracovaní je potrebné ich tepelne spracovať, aby sa dosiahla vhodná kombinácia pevnosti pri vyšších teplotách, húževnatosti a plasticity.

Vlastnosti sa dosahujú kaliacou teplotou, výdržou na kaliacej teplote, kaliacou rýchlosťou a popúšťacou teplotou.

Vyššia kaliaca teplota má pozitívny efekt na pevnosť pri vyšších teplotách a odolnosť proti popusteniu, čo oddiaľuje prejavy tepelnej únavy. Pre Uddeholm Orvar Supreme, Uddeholm Orvar Superior a Uddeholm QRO 90 Supreme sú to kaliace teploty do 1050°C. Pre Uddeholm Dievar 1025°C a pre Uddeholm Vidar Superior 1000°C.

Na druhej strane vyššia kaliaca teplota znamená vyššie riziko zhrubnutia zrna, redukciu húževnatosti a plasticity.

Preto sa kaliaca teplota na hornej hranici povoleného pásma používa len pre menšie tvarové vložky a jadrá.

Podobne vyššia pracovná tvrdosť má pozitívny vplyv na odolnosť proti tepelnej únave. Tvrdosti nad 50 HRC pre liatie hliníka a 46 HRC pre liatie mosadze sa však neodporúčajú. Čím vyššia tvrdosť, tým väčšie riziko napäťovej trhliny.

U ocelí s extrémne čistou štruktúrou ako Uddeholm Dievar, Uddeholm Orvar Supreme, Uddeholm Orvar Superior a Uddeholm Vidar Superior s vysokou húževnatosťou je riziko napäťovej trhliny významne nižšie.

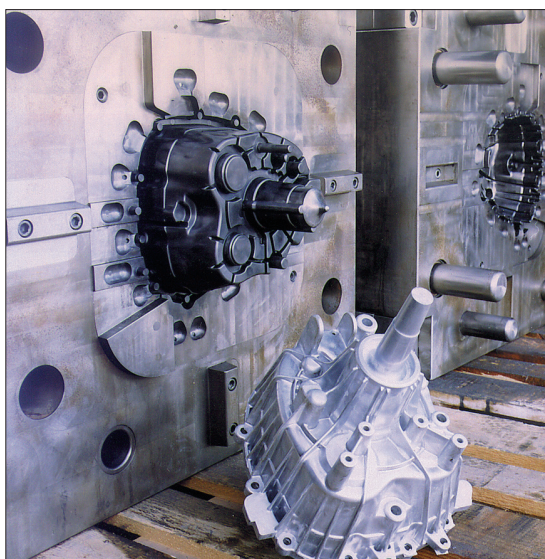
Kaliaca rýchlosť má pre ocele Uddeholm Dievar, Uddeholm Orvar Supreme, Uddeholm Orvar Superior, Uddeholm Vidar Superior a Uddeholm QRO 90 Supreme veľký význam.

Nižšia rýchlosť ochladzovania síce zabezpečí menšie deformácie, ale výsledná zmes štruktúr po tepelnom spracovaní nebude optimálna a húževnatosť výrazne horšia.

Vysoká kaliaca rýchlosť naopak znamená lepšiu štruktúru a vysokú húževnatosť. Umožní vyššiu životnosť formy, najnižšie náklady na údržbu a prestoje na jednotku produkcie = odliatok.

Oduhličenie alebo nauhličenie povrchu spôsobí problémy so životnosťou je potrebné im zabrániť.

Prvé a každé ďalšie popúšťanie sa robí po ochladení na teplotu 50–70°C. Teplota druhého popúšťania sa volí tak, aby sa dosiahla želaná pracovná tvrdosť a znížila vnútorná napätosť. Pre tlakové liatie sa vždy odporúča z bezpečnostných dôvodov aj tretie popúšťanie.



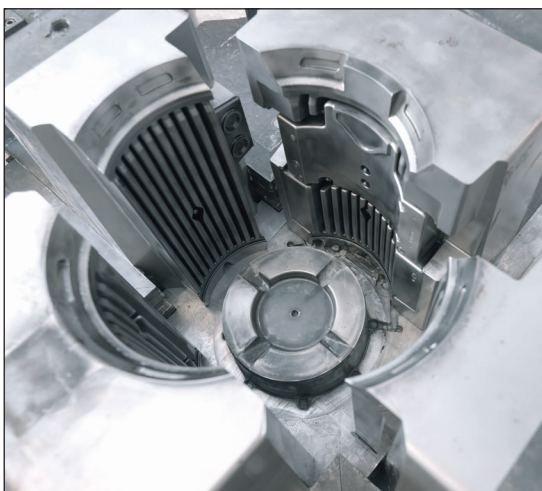
Hliníkový odliatok pre automotive.

ROZMEROVÁ STABILITA

DEFORMÁCIE POČAS KALENIA A POPÚŠŤANIA TLAKOVÝCH FORIEM

Určité zmeny rozmerov a tvaru sú normálnym sprievodným javom pri kalení a popúšťaní tvarových vložiek tlakových foriem. Vyššie kaliace teploty sú spravidla sprevádzané väčšími deformáciami.

Toto je všeobecne známy fakt, preto sa pred tepelným spracovaním necháva dostatočne veľký prídavok na dokončenie vysokorýchlostným obrábaním, EIH a brúsením.



Tvarová časť formy na tlakové liatie hliníka.

Deformácie sú výsledkom vnútorných napätí:

- napätia vnesené do povrchu obrábaním
- napätia z rozdielu teplôt
- transformačné napätia

NAPÄTIA VNESENÉ OBRÁBANÍM

Tento typ napätí je vnesený do povrchu počas operácií obrábania ako frézovanie, brúsenie.

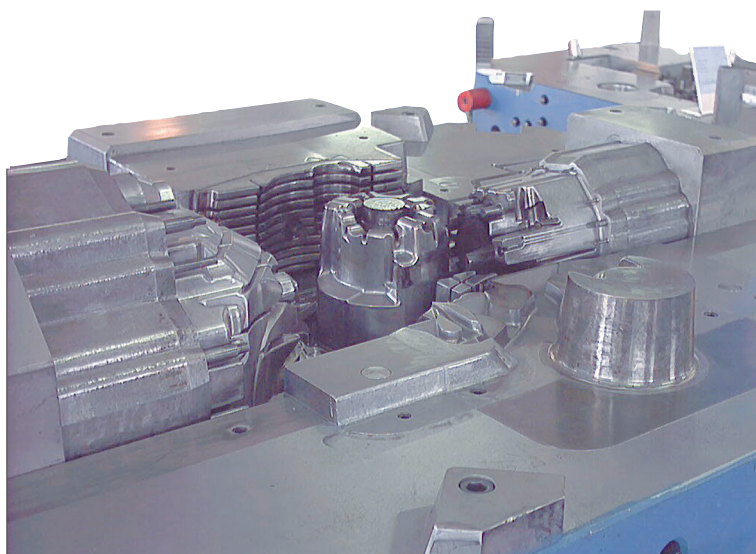
Tieto napätia sa uvoľnia počas ohrevu na kaliacu teplotu. Teplota zníži medzu klzu materiálu a napätia sa relaxujú lokálnou deformáciou.

Na zmenšenie deformácií pri ohreve na kaliacu teplotu sa odporúča vykonať žihanie na odstránenie vnútorných napätí. Toto sa odporúča zaradiť po hrubom opracovaní, pred dokončením do tvaru s prídavkami pred kalením.

NAPÄTIA Z ROZDIELU TEPLÔT

Tieto napätia vznikajú pri ohreve alebo ochladzovaní formy. Čím je ohrev rýchlejší, tým sú napätia väčšie. Objem sa zväčšuje so stúpajúcou teplotou (teplotná rozťažnosť). Nerovnomerný ohrev spôsobí lokálne variácie v náraste objemu, rast napätia a deformáciu.

Vždy je potrebný stupňovitý ohrev na vyrovnanie teplôt.



Tlaková forma pre diel automobilu.

Je potrebné ohrievať takým spôsobom, aby teplota stúpala rovnomerne v celom priereze dielu.

To, čo pre ohrev, platí aj pre kalenie. Počas neho vznikajú veľké vnútorné napätia. Všeobecným pravidlom je ochladzovať najvyššou možnou rýchlosťou s prihliadnutím na akceptovateľnú úroveň deformácie.

Veľké rozdiely teplôt v kalenej vložke vedú k neúmernej deformácii. Pre veľké diely a/alebo komplikované tvary sa odporúča kalenie s vyrovnaním teplôt, tzv. teplotným kúpeľom.

TRANSFORMAČNÉ NAPÄTIA

Tento typ napätí vzniká pri fázových premenách v oceli počas tepelného spracovania. Dôvodom sú rozdiely v hustote troch fáz, ktoré v premene vystupujú: ferit, austenit a martenzit.

Najväčší efekt vyvoláva premena austenitu na martenzit, sprevádzaná nárastom objemu.

Rýchlejšie ochladzovanie v tenších sekciách spôsobuje lokálne formovanie martenzitu, lokálny nárast objemu a vnútorných napätí. Tie môžu byť dostatočne veľké, aby diel zdeformovali alebo umožnili iniciáciu kaliarenských trhlín.

POVRCHOVÉ ÚPRAVY

Povrchové úpravy: napríklad nitridácia v plyne, plazme, alebo solný kúpeľ pomáhajú zvýšiť odolnosť proti erózii a nalepovaniu, hlavne na povrchu exponovaných dielov ako jadrá, komory, protivtokové vložky alebo vyhadzovače. Rôzne typy ocelí sa správajú rozdielne pri nitridovaní, vyplýva to z chemického zloženia.

OPRAVITEĽNOSŤ NAVÁRANÍM

V mnohých prípadoch sa povrch foriem opravuje naváraním. Pri dodržaní určitých postupov (napríklad vhodná procesná teplota pri naváraní) sa dá znížiť riziko trhlín a dosiahnuť dobré výsledky.

PRÍPRAVA NA OPRAVNÝ NÁVAR

V prvom rade musí byť povrch dokonale očistený, aby bolo zabezpečené prepojenie medzi substrátom a prídavným materiálom.

NAVÁRANIE V STAVE ŽÍHANOM NA MÄKKO

- 1 Predohrev na 325–375°C.
- 2 Začiatok navárania v tomto intervale. Nikdy nenechať teplotu padnúť pod 325°C. Maximálna prechodová teplota je 475°C. Najlepší spôsob ako udržať teplotu v želanom intervale počas navárania je použiť izolovaný box s termočlánkami vo vnútri.
- 3 Po naváraní je potrebné ochladzovať pomaly rýchlosťou 20-40°C/hodinu prvé dve hodiny a potom voľne na vzduchu.
- 4 Žíhať na mätko po naváraní.

NAVÁRANIE KALENÉHO A POPUSTENÉHO MATERIÁLU

- 1 Predohrev na 325–375°C (620–710°F).
- 2 Začiatok navárania v tomto intervale. Nikdy nenechať teplotu padnúť pod 325°C. Maximálna prechodová teplota je 475°C. Najlepší spôsob ako udržať teplotu v želanom intervale počas navárania je použiť izolovaný box s termočlánkami vo vnútri.
- 3 Po naváraní je potrebné ochladzovať pomaly rýchlosťou 20-40°C/hodinu prvé dve hodiny a potom voľne na vzduchu.
- 4 Žíhať na odstránenie napätí, 2 hodiny na teplote o 25°C nižšej, ako popúšťacia teplota po kalení.

PRÍDAVNÉ MATERIÁLY

Uddeholm QRO 90 Weld, Uddeholm QRO 90 TIG-Weld a Uddeholm Dievar TIG-Weld. Viac informácií o opravných návaroch nájdete v brožúre Uddeholm "Welding of Tool Steel".

ŽIVOTNOSŤ FORMY

Životnosť formy na tlakové liatie môže byť veľmi rozdielna v závislosti od veľkosti a tvaru odliatku, typu zliatiny, kontroly procesu a údržby formy.

Životnosť sa dá predĺžiť vhodnou starostlivosťou pred a počas odlievania:

- vhodný predohrev
- správne chladenie
- povrchová úprava
- popustenie na odstránenie napätí

VHODNÝ PREDOHREV

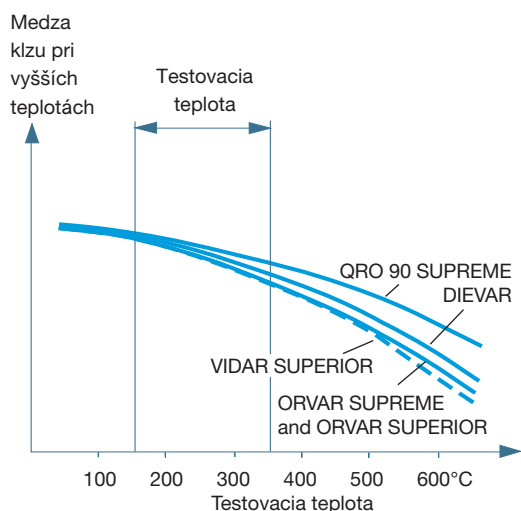
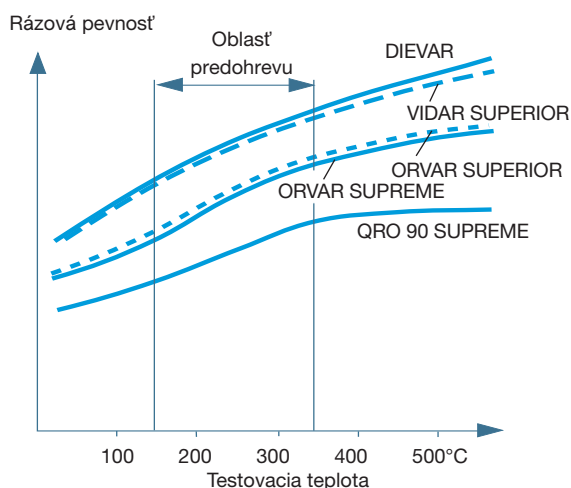
Prvý kontakt medzi roztavenou zliatinou a chladným povrchom formy znamená pre materiál silný šok. Trhlinka sa môže iniciovať už pri prvej rane a výrazne skrátiť životnosť formy.

Je dôležité si uvedomiť, že rázovú pevnosť, odolnosť materiálu ustáť tepelný a mechanický šok pri prvom údere, je možné významne zvýšiť vhodným predohrevom formy.

Zmenší sa rozdiel teplôt medzi taveninou a povrchom formy, preto je predohrev vždy odporúčaný.

Vhodná teplota predohrevu závisí od typu zliatiny, normálne je medzi 150 and 350°C. Krivky v grafoch na ľavej strane ukazujú oblasť teplôt, na ktorú by mal byť materiál formy predohriaty.

Tiež je dôležité nepredohrievať na príliš vysokú teplotu, pretože povrch formy sa môže počas liatia popustiť a stratiť pevnosť. Najmä tenké rebrá sa prehrievajú veľmi rýchlo. Odporúčajú sa nasledovné teploty:



Typ zliatiny	Teplota predohrevu
Cín, olovo	100–150°C
Zinok	150–200°C
Horčík, hliník	180–300°C
Copper alloys	300–350°C

Ohrev by mal byť pomalý a plynulý. Osobitnú pozornosť je potrebné venovať formám s vložkami a šmýkadlami, aby teplota stúpala - kvôli teplotnej rozťažnosti - rovnomerne vo všetkých častiach.

SPRÁVNE CHLADENIE

Teplota tvarových častí formy je regulovaná médiom, olejom alebo vodou, prúdiacim cez chladiace kanály a zmesou lubrikantu a vody, aplikovanou na povrch formy.

Aby sa eliminovalo riziko tepelnej únavy, chladiaca voda býva predohrievaná na približne 50°C. Voda s teplotou menšou ako 20°C sa neodporúča.

Počas prestávok dlhších ako niekoľko minút je potrebné odstaviť chladenie tak, aby sa forma príliš neochladila.

POVRCHOVÉ ÚPRAVY

Aby sa zabránilo priamemu kontaktu zliatiny s nechráneným povrchom formy je potrebná dobrá adhézia separátora ku kontúre tvaru. Nová forma alebo forma po oprave by nemala ísť späť do procesu liatia s vylešteným kovovo čistým povrchom. Preto je dobrým zvykom na povrchu vytvoriť tenkú na oxidačnú vrstvu, ktorá umožní dobrú adhéziu separátora a chráni ho v nábehovej fáze liatia.

Povrch formy sa ohreje na približne 500°C na jednu hodinu s následným ochladením na vzduchu. Ohrev v atmosfére pary na 500°C na 30 minút tiež vytvorí oxidický film s potrebnou hrúbkou.

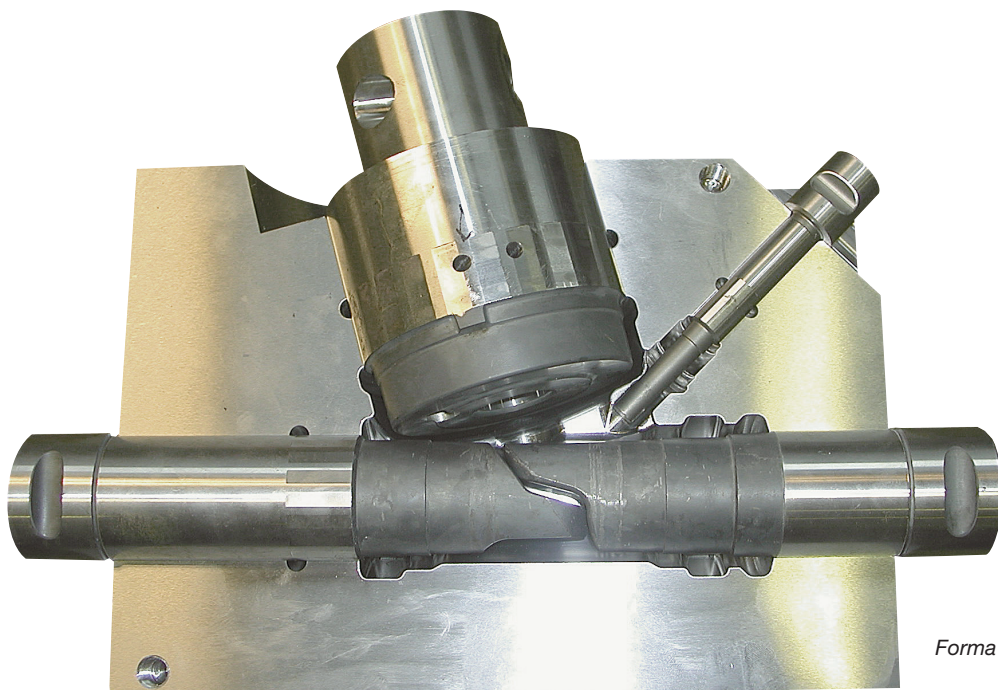
Vhodnou úpravou povrchu je tiež guličkovanie. Tento postup umožňuje zahradiť iniciácie únavových trhlien. Indukuje tlakové napätia na povrchu, ktoré kompenzujú ťahové napätia počas pracovného cyklu liatia a oddiaľujú tak prejavy tepelnej únavy. Diely formy vystavené treniu a abrázii, ako napríklad vyhadzovače a komory, sa obvykle nitridujú alebo karbonitridujú aby sa predĺžila ich životnosť.

POPUSTENIE NA ODSTRÁNENIE NAPÄTÍ

Počas pracovného cyklu liatia je povrch vplyvom zmien teploty a tepelnej rozťažnosti vystavený napätiam, ktoré vytvárajú mikrodeformácie. Kumulácia týchto mikrodeformácií spôsobuje na povrchu napätostný stav, prevažne ťahového charakteru. Ťahové napätia sú nevyhnutné pre otváranie únavových trhlien.

Popúšťanie zredukuje úroveň takto generovaných povrchových napätí a oddiali prejavy tepelnej únavy. Preto odporúčame takéto popustenie hneď po vzorovaní, ďalšie po 1000-2000 ranách, potom po 5000 - 10000 ranách. Túto procedúru opakovať každých ďalších 10000 - 20000 úderov, až kým sa neobjavia prvé prejavy tepelnej únavy. Ďalšie popustenie už nie je potrebné, nakoľko samotné únavové trhliny sú prejavom uvoľnenia napätia.

Popustenie na odstránenie napätí je najlepšie robiť na teplote asi 25°C pod najvyššou popúšťacou teplotou použitou po kalení. Normálna výdrž na teplote sú asi 2 hodiny.



Forma na liate mosadze.

POŽIADAVKY NA OCEĽ PRE TLAKOVÉ LIATIE

Tlakové formy sú vystavené cyklickému tepelnému a mechanickému zaťaženiu, ktoré kladie vysoké nároky na oceľ. Je niekoľko faktorov, ktoré limitujú životnosť formy. Najdôležitejšie sú:

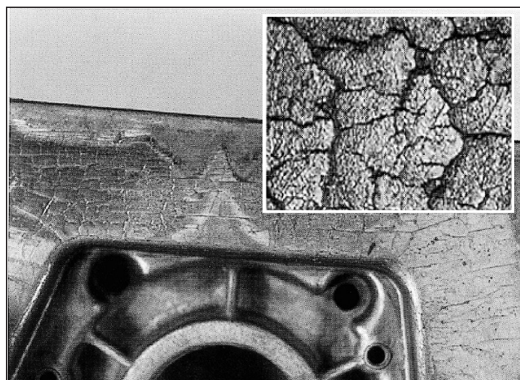
- tepelná únava (heat checking)
- korózia/erózia
- napätová trhlina (totálne znehodnotenie)
- otláčenia a deformácie

Počet dosiahnuteľných pracovných cyklov formy je veľmi silne ovplyvnený pracovnou teplotou, t.j. druhom odlievaného materiálu. Aj životnosť foriem pre špecifickú zliatinu môže byť značne variabilná v závislosti od veľkosti a tvaru odliatku, požadovanej kvalite povrchu, dizajne formy, materiálu formy a jeho tepelného spracovania, ale hlavne na procesných podmienkach.

TEPELNÁ ÚNAVA

Tepelná únava sa prejavuje postupnou degradáciou povrchu sieťou únavových trhlín. Povrch tvaru je počas pracovného cyklu vystavený opakovanému ohrevu a ochladeniu. V dôsledku teplotnej rozťažnosti a obmedzenej tepelnej vodivosti sa na povrchu striedajú ťahové a tlakové zložky napätí, spôsobujúce únavu

materiálu, otváranie a šírenie únavových trhlín. Typický prejav tepelnej únavy, nazývaný v cudzojazyčnej literatúre ako “heat checking” je znázornený na obrázku nižšie.



Uddeholm investoval mnoho úsilia do výskumu vzťahu samotného fenoménu tepelnej únavy a základných vlastností materiálu. Disponuje unikátnym simulačným zariadením, merajúcim parametre poškodenia povrchu tepelnou únavou. Cieľom tohto úsilia je zdokonaľovať aktuálne a vyvíjať nové, odolnejšie typy ocelí.

Výsledkom sú premium ocele ako Uddeholm Dievar, Uddeholm Orvar Supreme, Uddeholm Orvar Superior, Uddeholm Vidar Superior and Uddeholm QRO 90 Supreme.

Typ zliatiny	Teplota odlievania		Faktory limitujúce životnosť tv.vložky	Normálna životnosť, počet rán	
	°F	°C		Tv.vložka	Jadro
Zinok	~800	~430	Erózia	0.5–2 milión	0.5–2 milión
Horčík	~1200	~650	Tepelná únava Napätová trhlina Erózia Otláčenie	100 000 až 400 000	50 000 až 200 000
Hliník	~1300	~700	Tepelná únava Napätová trhlina Erózia Otláčenie	60 000 až 200 000	40 000 až 150 000
Meď / mosadz	~1780	~970	Tepelná únava Otláčenia Erózia Napätová trhlina	5 000 až 50 000	1 000 až 5 000

FAKTORY OVPLYVNÚJÚCE TEPELNÚ ÚNAVU

Trhlinky z tepelnej únavy sú výsledkom pôsobenia cyklického napätového zaťaženia, hlavne jeho ťahovej zložky a plastickej mikrodeformácie na povrchu. Ak by nebol prítomný len jeden z týchto faktorov, trhlinky by sa neiniciovali ani nešírili. Plastickej mikrodeformácie na povrchu nainiciuje trhlinu a ťahová zložka cyklického zaťaženia ju rozširuje.

Tieto parametre majú vplyv na tepelnú únavu:

- **Teplotný cyklus**
 - Teplota predohrevu
 - Teplota na povrchu kontúry
 - Maximálna teplota na vrchole cyklu
 - Rýchlosť ochladenia
- **Vlastnosti nástrojovej ocele**
 - Koeficient teplotnej rozťažnosti
 - Tepelná vodivosť
 - Medza klzu za tepla
 - Odolnosť proti popusteniu
 - Krípová pevnosť za tepla
 - Plasticita
- **Koncentrátory napätia**
 - Ostré prechodové rádiusy, vnútorné rohy
 - Stopy po fréze

TEPLOTNÝ PRACOVNÝ CYKLUS

TEPLOTA PREDOHREUVU

Je veľmi dôležité, aby rozdiel teplôt medzi povrchom formy a taveninou nebol príliš veľký. Z tohto dôvodu vždy potrebný prehrev.

Teplota predohrevu formy pre hliník by mala byť minimálne 180°C. Pri tejto teplote je húževnatosť takmer dvojnásobná oproti 20°C.

POVRCHOVÁ TEPLOTA KONTÚRY

Teplota povrchovej vrstvy kontúry je kľúčová pre vznik tepelnej únavy. Krátkodobému vystaveniu teplotám do 600°C odolávajú viac-menej všetky ocele pre prácu za tepla. Vyššie teploty významne zvyšujú riziko tepelnej únavy.

Teplota na povrchu kontúry je určená hlavne teplotou predohrevu, odlievacou teplotou a typom zliatiny, tvarom a veľkosťou odliatku, tepelnou vodivosťou a rozťažnosťou ocele.

ČAS ZOTRVANIA NA NAJVVYŠŠEJ CYKLOVEJ TEPLOTE

Dlhší čas zotrvania na maximálnej teplote pracovného cyklu spôsobuje prehriatie povrchu, v jeho dôsledku zníženie pevnosti a odolnosti voči mechanickému a tepelnému zaťaženiu a tzv. krípový efekt.

RÝCHLOSŤ OCHLADZOVANIA POVRCHU

Tak isto rýchlosť ochladzovania povrchu po vyhodnení odliatku počas postreku je veľmi dôležitý parameter. Čím intenzívnejšie ochladzovanie, tým väčšie ťahové napätia a rýchlejšie otváranie trhlín na povrchu. Výber typu chladiaceho média je kompromisom medzi očakávanou životnosťou formy a produktivitou odlievania, v mnohých prípadoch sa uprednostňuje voda pred olejom z dôvodu ochrany životného prostredia.

VLASTNOSTI NÁSTROJOVEJ OCELE

KOEFICIENT TEPLOTNEJ ROZŤAŽNOSTI

Čím menšia teplotná rozťažnosť, tým menšie napätia z teplotných zmien počas pracovného cyklu.

TEPELNÁ VODIVOSŤ

Vyššia tepelná vodivosť znižuje teplotný gradient a tým aj napätia. Do akej miery sa to deje je však veľmi ťažké skúmať a experimentálne overovať.

MEDZA KLZU ZA TEPLA

Vyššia medza klzu za tepla znižuje mieru plastickej mikrodeformácie na povrchu a tým oneskoruje prejavy tepelnej únavy.

ODOLNOSŤ PROTI POPUSTENIU

Ak materiál s určitou počiatočnou medzou klzu počas pracovného procesu stráca pevnosť vplyvom vysokej teploty, zrýchľuje to tepelnú únavu. Preto je dôležité, aby mala oceľ dobrú odolnosť proti strate tvrdosti pri vystavení vysokým teplotám.

KRÍPOVÁ PEVNOSŤ

Zmeny na povrchu formy sú okrem straty tvrdosti akcelerované aj mechanickým zaťažením. Materiál formy je vystavený súčasne vysokým teplotám a mechanickému zaťaženiu. Je preto zrejmé, že materiál by mal odolávať kombinácii oboch záťaží súčasne a to sa označuje ako kríповá pevnosť.

Experimentálne bolo dokázané, že trhliny z tepelnej únavy sa vytvorili aj pri konštantnej teplote pôsobením cyklického mechanického zaťaženia.

PLASTICITA

Plasticita určuje, akú plastickú deformáciu je materiál schopný absorbovať, kým sa vytvorí trhlina. V procese tlakového liatia plasticita materiálu rozhoduje o počte cyklov do iniciácie trhlín z tepelnej únavy pri danej medze klzu za tepla a parametroch cyklu. Na šírenie už vzniknutých trhlín plasticita nemá až taký vplyv.

Plasticita ocele závisí v najväčšej miere od čistoty a homogenity jej vnútornej mikroštruktúry, hlavne od množstva a veľkosti nečistôt a segregácií.

Preto sú ocele Uddeholm pre tlakové liatie vyrábané osobitými metalografickými postupmi. Plasticita bola výrazne zvýšená špeciálnym taviacim a homogenizačným procesom, kovaním v kontrolovanom teplotnom režime a ďalšími následnými operáciami. Zlepšenie je výrazné hlavne v strede veľkých kovaných blokov.

KONCENTRÁTORY NAPATÍ

RÁDIUSY, DIERY A VNÚTORNÉ ROHY

Koncentrátory napätia, ako ostré prechodové rádiusy, diery a vnútorné rohy, vyplývajúce z tvaru kontúry v súčinnosti s väčším teplotným gradientom spôsobujú, že v týchto miestach sa objavia únavové trhliny skôr, ako na rovných plochách. Trhliny z tepelnej únavy v ostrých prechodových rádiusoch alebo vnútorných rohoch sa môžu rýchlo šíriť a dokonca spôsobiť neopraviteľné poškodenie, vylučujúce ďalšie použitie formy.

KVALITA POVRCHU

Nekvalitný povrch ako sú napríklad ryhy po frézovaní alebo brúsení sú podobným iniciátorom trhlín, ako ostré rádiusy. Preleštenie povrchu kameňom so zrnitosťou 220-600grit je dostatočné ako prevencia pred tepelnou únavou.

Na druhej strane pieskovaný alebo naoxidovaný povrch poskytuje pre lubrikant adherentnejší podklad, ako povrch vysoko leštený. Kontúra optimálne ošetroená ostrekom zabraňuje nalepovaniu zliatiny a pomáha vyhadzovaniu odliatku z formy. Je to osobitne dôležité v nábehovej fáze procesu novej formy.

KORÓZIA/ERÓZIA

KORÓZIA SPOSOBENÁ ROZTAVENOU ZLIATINOU

Počas odlievania sa zliatina vstrekuje do formy. V prípade, že kavita dutiny nemá ochrannú vrstvu, dochádza k interakcii hliníka a ocele. Prítomnosť sa uvoľňujú častice z povrchu kontúry a súčasne sa na nej tvoria intermetalické fázy medzi oceľou a hliníkom. Na miestach hromadného výskytu takýchto fáz sa hliník nalepuje na povrch formy.

Uddeholm skúmal rôzne zliatiny a faktory, ktoré majú vplyv na chemickú koróziu (nehovoríme to o atmosferickej korózii) na nalepovanie.

FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE KORÓZIU

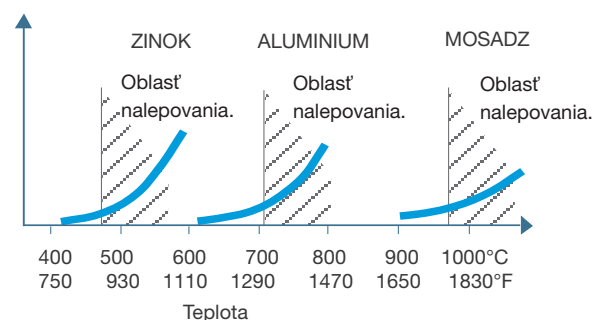
Faktorov je niekoľko:

- teplota zliatiny
- chemické zloženie zliatiny
- design formy
- povrchové úpravy

TEPLOTA ZLIATINY

Každá odlievaná zliatina má svoju kritickú teplotu, pri ktorej sa korózný účinok zvyšuje. Zinok začína intenzívne reagovať s oceľou pri 480°C a hliník pri 720°C.

Stupeň chemickej korózie



Zliatiny medi nemajú podobný kritický bod, ale možno povedať, že korózia silnie postupne s teplotou.



Poškodenie jadra nalepeným hliníkom.

CHEMICKÉ ZLOŽENIE ZLIATINY

Čisté kovy atakujú povrch foriem v oveľa väčšej miere, ako ich bežné zliatiny. To platí aj pre zinok, aj pre hliník. Pre zliatiny hliníka tiež platí, že čím menší obsah železa, tým tým výraznejšie prejavy korózie.

DESIGN FORMY

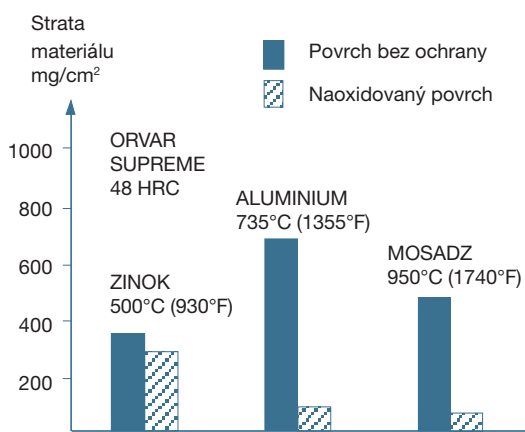
Design formy je pre koróziu tiež dôležitý. Ak je tavenina tlačaná do formy príliš veľkou rýchlosťou, lubrikačná vrstva sa zmýva a neposkytuje viac ochranu povrchu. Vysoká vtoková rýchlosť spravidla súvisí s nesprávnym tvarom vtokovej sústavy.



Erózia.

POVRCHOVÉ ÚPRAVY

Povrchová úprava kontúry je veľmi dôležitá. Ak vieme zamedziť kontaktu roztavenej zliatiny a ocele na povrchu, tak riziko korózie je minimálne. Už len obyčajný film z oxidov poskytuje dobrú ochranu povrchu. Nitridácia a karbonitridácia tiež do určitej miery chránia povrch pred chemickou koróziou.



ERÓZIA VPLYVOM TEČENIA TAVENINY

Erózia je forma tepelno mechanického opotrebovania povrchu, hlavne v dôsledku tečenia taveniny.

Závisí od vtokovej rýchlosti, teploty a chemického zloženia taveniny. Každá vtoková rýchlosť, vyššia ako 55 m/s v princípe poškodzuje povrch eróziou.

Vysoká teplota taveniny situáciu ešte zhoršuje, pretože povrch formy rýchlejšie stráca tvrdosť. Tvrdé fázy v zliatine, napríklad kremíkové precipitáty (hypereutektická zliatina hliníka obsahuje viac ako 12.7% kremíka), eróziu ďalej zvyšujú.

V praxi sa na povrchu formy objavuje obvykle kombinácia erózie a korózie. Dominantný typ poškodenia je predurčený vtokovou rýchlosťou, ak je príliš vysoká, býva to erózia.

Pre odolnosť proti erózii sú podstatné vlastnosti medza klzu pri vysokých teplotách a odolnosť proti popusteniu.

TOTÁLNA NAPÄŤOVÁ TRHLINA

Húževnatosť materiálu je jeho schopnosť absorbovať ťahové napätia vo vruboch a iných koncentrátoroch bez toho, aby vznikla trhlina, prípadne aby sa už vzniknutá trhlina šírila ďalej. Húževnatosť závisí nielen od materiálu, ale aj od jeho tepelného spracovania. Kvôli tomu, že napätia mechanického a teplotného pôvodu pôsobia všetkými smermi, aj húževnatosť musí byť posudzovaná vo všetkých smeroch (vzhľadom na smer pretvárania): pozdĺžnom, priečnom a kolmom priečnom.

Uddeholm Dievar, Uddeholm Orvar Supreme, Uddeholm Orvar Superior, Uddeholm Vidar Superior and Uddeholm QRO 90 Supreme sú vyrábané špeciálnymi procesmi kvôli izotropii vlastností.

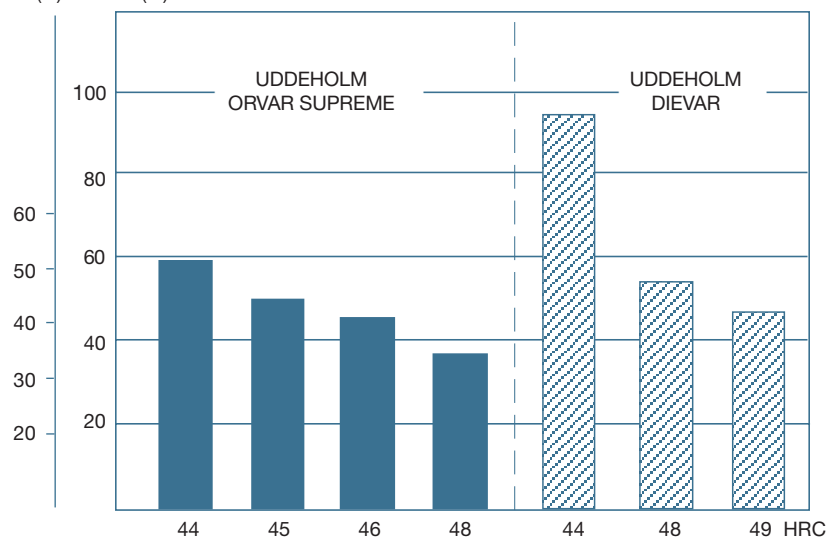
Totálna napäťová trhlina býva okrem nedostatočnej húževnatosti zapríčinená kombináciou ďalších faktorov a spravidla je neopraviteľným poškodením.

LOMOVÁ HÚŽEVNATOSŤ UDDEHOLM DIEVAR A UDDEHOLM ORVAR SUPREME

Schopnosť materiálu odolávať napätiam v ich koncentrátoroch bez vzniku nestabilne sa šíriacich trhlín sa testuje ako *lomová húževnatosť*.

Jej porovnanie pre akosti Uddeholm Dievar a Uddeholm Orvar Supreme pri rôznych tvrdostiach je na obrázku nižšie.

Lomová húževnatosť, K_{Ic}
ksi(in)^{1/2}, MPa(m)^{1/2}



Lomová húževnatosť pri 20°C
(testované vzorky zo stredu bloku,
priečny kolmý smer).

DEFORMÁCIE

Deformácie v deliacej rovine alebo na iných miestach formy bývajú dôsledkom nedostatočnej tvrdosti pri zvýšených teplotách.

S vyššou teplotou pevnosť a tvrdosť ocele klesá. To znamená, že s pracovnou teplotou formy stúpa riziko deformácie jej činných častí. Pevnosť ocele pri pracovnej teplote musí byť dostatočne vysoká, aby znášala napätia od uzatváracej sily lisu a vstrekovacieho tlaku. Je to osobitne dôležité pri odlievani hliníkových, horčíkových zliatin a mosadze.

KRITÉRIÁ KVALITY MATERIÁLU A KALENIA

Náklady na výrobu náradia tvoria spravidla 10–20 % celkových nákladov na hotový odliatok, preto je pochopiteľná snaha zvyšovať jeho životnosť .

Rozhodujúce faktory pre životnosť foriem sú: materiál, jeho tepelné spracovanie a procesné parametre liatia. Podiel nákladov na materiál z celkových nákladov na výrobu tvarových častí býva 5–15 %, náklady na tepelné spracovanie asi 5-10 %. Obrázok dole ukazuje porovnanie nákladov na ocel tvarových častí a celkových nákladov. Ľadovec symbolizuje fakt, že celkové procesné náklady, ktoré sú skryté (pod vodou), sú násobne vyššie, ako náklady na materiál tvarových vložiek. Inými slovami: úspora na strane nákladov na materiál - ak sa udeje na úkor jeho kvality- spôsobí násobne väčší nárast skrytých procesných nákladov.

Aby sa štandardizovali kritériá pre kvalitu formárskych ocelí, za posledných 20 rokov vzniklo niekoľko špecifikácií. Väčšinou limitujú chemické zloženie, mikročistotu, mikroštruktúru, riadkovitosť, veľkosť zrna, tvrdosť a mechanické vlastnosti. Stanovujú podmienky pre minimálnu prípustnú, resp. tzv. "Premium" alebo "Superior" kvalitu. Jednou z najpoužívanejších špecifikácií akceptovaných kritérií pre formárske ocele a ich tepel-

né spracovanie je "Special Quality Die Steel & Heat Treatment Acceptance Criteria for Die Casting Dies #207–2011" vydaná združením North American Die Casting Association (NADCA).

Pre zvyšovanie hospodárnosti náradia sú tiež dôležité kritériá pre kvalitu tepelného spracovania. Správne parametre nielen zabránia neprimeraným rozmerovým a tvarovým zmenám, ale hlavne dosiahnu optimálnu kombináciu tvrdosti a húževnatosti. Kritické parametre sú: kaliaca teplota a kaliaca rýchlosť.

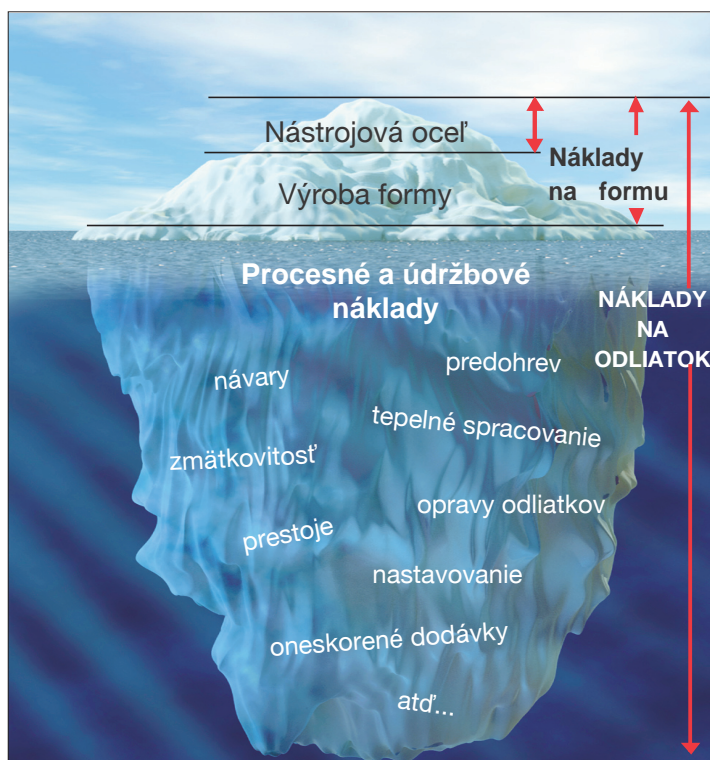
Správny predohrev formy na začiatku procesu liatia a pravidelné popustenie napätí tiež prispievajú k vyššej životnosti.

Povrchové úpravy chránia formu pred eróziou, chemickou koróziou a tepelnou únavou.

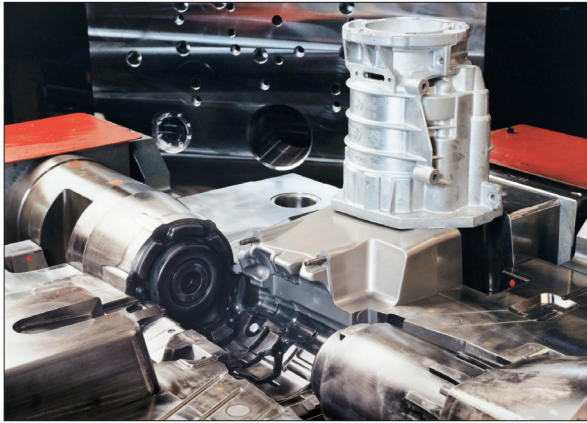
Nové techniky návarov zlepšujú možnosti opráv a údržby tvarových častí foriem a zvyšujú takto ich životnosť.

Všetci účastníci v reťazci - výrobca ocele, výrobca formy, kaliareň aj zlievareň - poznajú kritické miesta svojich procesov.

Optimálny výsledok je dosiahnuteľný len ak všetky procesné kroky v celej línii boli vykonané správne a v "Premium kvalite".



„Ľadovec nákladov“



OCELE PRE TLAKOVÉ LIATIE

ZÁKLADNÝ POPIS

<p>OCELE UDDEHOLM PRE TVAROVÉ ČASTI</p> <p>DIEVAR</p>	<p>Premium Cr-Mo-V legovaná oceľ. Spĺňa kritériá pre Superior kvalitu podľa NADCA #207-2011, s garantovanou húževnatosťou 25J, vysokou pevnosťou pri procesných teplotách, excelentnou prekaliteľnosťou. Vhodná je pre stredne veľké a veľké formy.</p>
<p>UNIMAX</p>	<p>Premium Cr-Mo-V legovaná oceľ s vysokou húževnatosťou a plasticitou až do tvrdosti 58 HRC.</p>
<p>ORVAR SUPREME</p>	<p>Premium Cr-Mo-V legovaná oceľ (Premium W-Nr.1.2344 ESU). Spĺňa kritériá pre Supreme kvalitu podľa NADCA #207-2011, s garantovanou húževnatosťou 16J. Vhodná pre menšie a stredne veľké formy.</p>
<p>VIDAR SUPERIOR</p>	<p>Premium Cr-Mo-V legovaná oceľ. Spĺňa kritériá pre Superior kvalitu podľa NADCA #207-2011, s garantovanou húževnatosťou 19J.</p>
<p>QRO 90 SUPREME</p>	<p>Oceľ prémiovej kvality s vynikajúcou pevnosťou pri vysokých teplotách a odolnosťou proti popusteniu. Hodí sa pre tlakové liatie mosadze, ale aj pre jadrá a malé vložky foriem pre liatie hliníka.</p>
<p>QRO 90 HT</p>	<p>Substrát QRO 90 Supreme, zošľachtený na 37–41 HRC, vhodný pre tenké jadierka.</p>
<p>IMPAX SUPREME</p>	<p>Ni-Cr-Mo legovaná oceľ, zošľachtená na 310 HB, vhodná pre prototypy foriem na hliník, formy pre odlievanie menších sérií zo zinku, olova a cínu.</p>
<p>OCEĽ UDDEHOLM PRE RÁMY</p> <p>HOLDAX</p>	<p>Oceľ zošľachtená na ~310 HB s výbornou opracovateľnosťou, vhodná pre rámy foriem.</p>

CHEMICKÉ ZLOŽENIE

UDDEHOLM ZNAČKA	AISI	C	Si	ANALÝZA %				Others	TVRDOSŤ PRI DODANÍ Brinell
				Mn	Cr	Mo	V		
DIEVAR	–	0.35	0.2	0.5	5.0	2.3	0.6	–	~160
UNIMAX	–	0.50	0.2	0.5	5.0	2.3	0.5	–	~185
ORVAR SUPREME	H13 (1.2344ESU)	0.39	1.0	0.4	5.2	1.4	0.9	–	~180
ORVAR SUPERIOR	H13 (1.2344ESU)	0.39	1.0	0.4	5.2	1.4	0.9	–	~180
VIDAR SUPERIOR	H11 mod.	0.36	0.3	0.3	5.0	1.3	0.5	–	~180
QRO 90 SUPREME	–	0.38	0.3	0.8	2.6	2.3	0.9	Mikroleg.	~180
IMPAX SUPREME	P20 mod. 1.2738	0.37	0.3	1.4	2.0	0.2	–	Ni 1.0	~310
UDDEHOLM HOLDER STEEL									
HOLDAX	P20 mod. 1.2312	0.40	0.4	1.5	1.9	0.2	–	S 0.07	~310

RELATÍVNE POROVNANIE VLASTNOSTÍ

UDDEHOLM OCEĽ	ODOLNOSŤ P. POPUSTENIU	PEVNOSŤ PRI VYŠ. TEPLOT.	PLASTICITA	HÚŽEVNATOSŤ	PREKALI- TEL'NOSŤ
DIEVAR					
UNIMAX					
ORVAR SUPREME					
ORVAR SUPERIOR					
VIDAR SUPERIOR					
QRO 90 SUPREME					

Porovnanie merateľných vlastností ocelí pri pracovnej tvrdosti 44–46 HRC, okrem Uddeholm Unimax pri 54–56 HRC.

UDDEHOLM OCEĽ	TEPELNÁ ÚNAVA	NAPĀŤOVÁ TRHLINA	ERÓZIA	PLAST.DEFORM.
DIEVAR				
UNIMAX				
ORVAR SUPREME				
ORVAR SUPERIOR				
VIDAR SUPERIOR				
QRO 90 SUPREME				

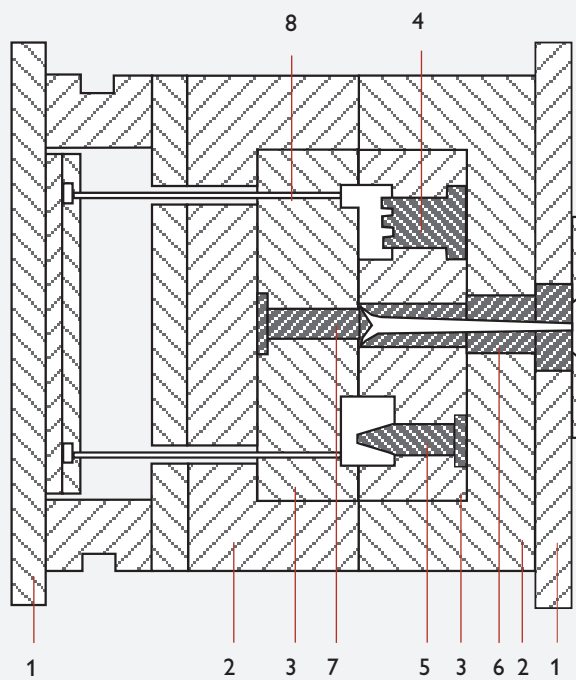
Relatívne porovnanie ocelí v odolnosti proti rôznym procesným poškodeniam (dlhší pásik = vyššia odolnosť).

ODPORÚČANÉ OCELE A TVRDOSTI PRE DIELY FORMY

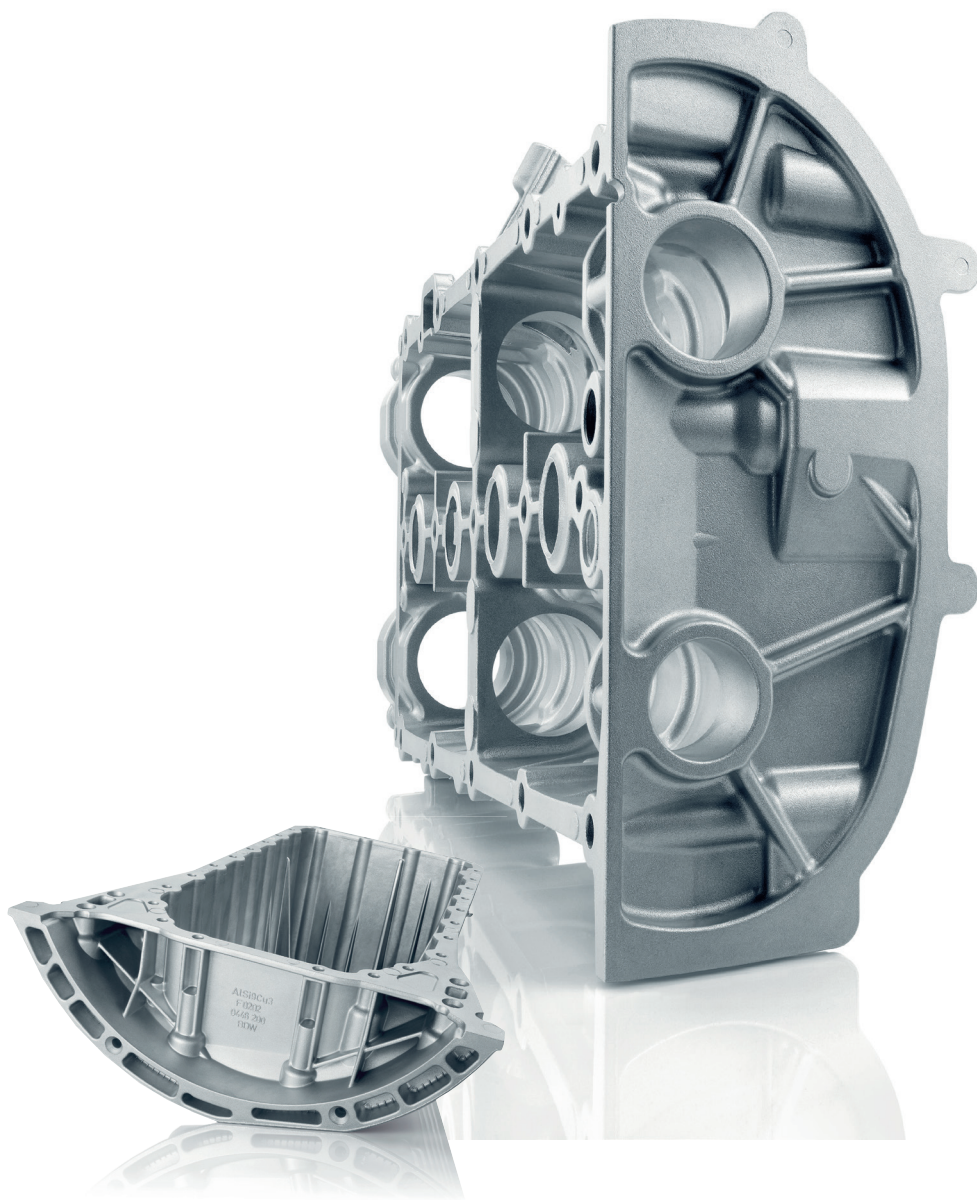
DIEL	CÍN/OLOVO/ZINOK	HLINÍK/HORČÍK	MEĎ, MOSADZ
UPÍNACIE DOSKY RÁMY	HOLDAX (zošľachtená) ~310 HB IMPAX SUPREME (zošľachtená) ~310 HB	HOLDAX (zošľachtená) ~310 HB IMPAX SUPREME (zošľachtená) ~310 HB	HOLDAX (zošľachtená) ~310 HB IMPAX SUPREME (zošľachtená) ~310 HB
TVAROVÉ VLOŽKY	IMPAX SUPREME ~310 HB ORVAR SUPREME ORVAR SUPERIOR 46-52 HRC UNIMAX 52-56 HRC	DIEVAR 44-50 HRC ORVAR SUPREME ORVAR SUPERIOR VIDAR SUPERIOR 42-48 HRC UNIMAX**	QRO 90 SUPREME 40-46 HRC ORVAR SUPREME ORVAR SUPERIOR 40-46 HRC
JADRÁ MALÉ VLOŽKY	ORVAR SUPREME ORVAR SUPERIOR 46-52 HRC	DIEVAR 46-50 HRC ORVAR SUPREME ORVAR SUPERIOR VIDAR SUPERIOR 44-48 HRC QRO 90 SUPREME 42-48 HRC	QRO 90 SUPREME 40-46 HRC
TENKÉ JADRÁ	ORVAR SUPREME 46-52 HRC	QRO 90 SUPREME* 44-48 HRC QRO 90 HT*	QRO 90 SUPREME 42-46 HRC QRO 90 HT
PROTIVOK	ORVAR SUPREME 48-52 HRC	ORVAR SUPREME ORVAR SUPERIOR 46-48 HRC QRO 90 SUPREME 44-46 HRC	QRO 90 SUPREME 42-46 HRC
VTOK	STAVAX ESR 40-44 HRC ORVAR SUPREME 35-44 HRC	ORVAR SUPREME ORVAR SUPERIOR 42-48 HRC QRO 90 SUPREME 42-46 HRC	QRO 90 SUPREME 40-44 HRC ORVAR SUPREME ORVAR SUPERIOR 42-48 HRC
VYHADZOVAČE	QRO 90 SUPREME ORVAR SUPREME 46-50 HRC (nitridované)	QRO 90 SUPREME ORVAR SUPREME 46-50 HRC (nitridované)	QRO 90 SUPREME ORVAR SUPREME 46-50 HRC (nitridované)
PIEST KOMORA	ORVAR SUPREME 42-46 HRC (nitridovaná) 42-48 HRC (nitridovaná)	ORVAR SUPREME ORVAR SUPERIOR ORVAR SUPREME QRO 90 SUPREME 42-48 HRC (nitridovaná)	QRO 90 SUPREME 42-46 HRC (nitridovaná) ORVAR SUPERIOR 42-46 HRC (nitridovaná)

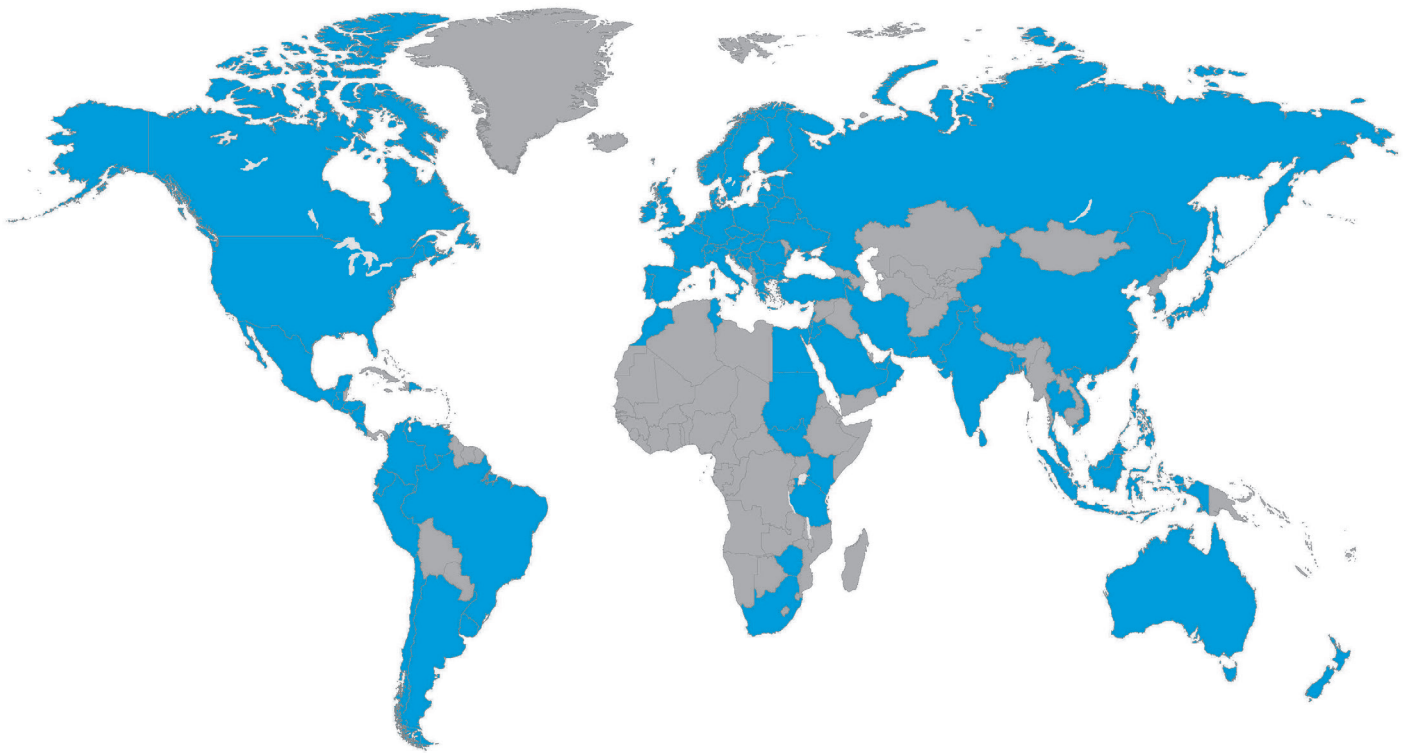
* Odporúčame povrchové úpravy

** Pre malé Mg vložky/jadrá, kde je potrebná lepšia odolnosť proti erózií.



- 1 Upínacie dosky
- 2 Rámy
- 3 Tvarové vložky
- 4 Malé vložky
- 5 Jadrá
- 6 Vtoková vložka
- 7 Protivtoková vložka
- 8 Vyhadzovače





NETWORK OF EXCELLENCE

Oceľ Uddeholm je prítomná na všetkých kontinentoch. To Vám sprístupní kvalitnú švédsku oceľ a lokálnu podporu kdekoľvek ste. Náš cieľ je jasný - stať sa Vaším partnerom číslo 1 v dodávkach nástrojových oceľí.

Uddeholm je svetový líder v dodávkach nástrojových materiálov. Túto pozíciu sme dosiahli každodennou spoluprácou so zákazníkom. Dlhá tradícia kombinovaná s výskumom a vývojom nových ocelí umožňuje Uddeholmu čeliť akejkoľvek výzve v nástrojárstve. Cieľ je jasný - byť Vaším partnerom číslo 1 v dodávkach nástrojových ocelí.

Naša prítomnosť na všetkých kontinentoch Vám garantuje tú istú vysokú kvalitu kdekoľvek ste. Pôsobíme globálne. Pre nás je to vec presvedčenia - v dlhodobé partnerstvo a vývoj nových produktov.

Pre viac informácií, prosím, navštívte www.uddeholm.sk
alebo www.uddeholm.com