



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

## POROZITA PŘI SVAŘOVÁNÍ HLINÍKOVÝCH SLITIN

POROSITY DURING WELDING ALUMINOUS ALLOYS

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Alena Hájková

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Marián Sigmund, Ph.D.

BRNO 2018

# Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Studentka:	<b>Alena Hájková</b>
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Strojírenská technologie
Vedoucí práce:	<b>Ing. Marián Sigmund, Ph.D.</b>
Akademický rok:	2017/18

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

## **Porozita při svařování hliníkových slitin**

### **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

Zabránění porozity při svařování Al slitin. Popis problematiky vzniku a tvorby pórů u Al slitin obecně. Návrh vhodného procesu a technologie oprav vzniklých pórů.

### **Cíle bakalářské práce:**

1. Zhodnotit současný stav problematiky snížení porozity u hliníkových slitin.
2. Vypracovat literární rešerši vzniku tvorby pórů u Al slitin.
3. Vyhodnotit parametry a podmínky technologií oprav vzniklých pórů.
4. Navrhnout správný postup opravy buď svařováním.
5. Navrhnout správný postup opravy nebo tmelením (vhodný typ tmelu).

### **Seznam doporučené literatury:**

DVOŘÁK, Milan. Technologie II. Vyd. 3., dopl., v Akademickém nakl. CERM 2. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 80-214-2683-7.

PILOUS, Václav. Materiály a jejich chování při svařování, 1 vyd. ŠKODA-WELDING, Plzeň, 2009

Materiály a jejich svařitelnost: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů. 2., upr. vyd. Ostrava: ZEROSS, 2001. ISBN 80-85771-85-3.

Technologie svařování a zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů. Ostrava: ZEROSS, 2001. Svařování. ISBN 80-85771-81-0.

MAJER, Lubomír. Navrhování a posuzování svařovaných konstrukcí a tlakových zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů. Ostrava: ZEROSS, 1999. ISBN 80-85771-70-5.

BARTÁK, Jiří. Výroba a aplikované inženýrství ve svařování: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů. Ostrava: ZEROSS, 2000. Svařování. ISBN 80-85771-72-1.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18

V Brně, dne

L. S.

---

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

HÁJKOVÁ Alena: Porozita při svařování hliníkových slitin

---

Tato práce se zabývá problematikou vzniku porozity u hliníkových slitin a metodami jejich oprav ve firmě IFE. Teoretická část se zaměřuje na současný stav porozity a způsoby, kterými lze póry opravovat. Použitými technologiemi oprav jsou svařování TIG metodou a tmelení. Praktickou část tvoří experiment, při kterém se použije metoda tmelení na konkrétní součásti.

Klíčová slova: hliník, svařování, tmel, porozita, TIG

## **ABSTRACT**

HÁJKOVÁ Alena: Porosity during welding aluminous alloys

---

This thesis deals with the problem of occurrence of porosity in aluminous alloys and the methods of their repair in the company IFE. Theoretical part is aimed on the current state of porosity and the ways in which the be pores can be repaired. Used technologies of repairs are TIG welding and cementing. The practical part consists of experiment in which is used a method of cementing on specific part.

Keywords: aluminum, welding, cement, porosity, TIG



## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

HÁJKOVÁ, Alena. *Porozita při svařování hliníkový slitin*. Brno, 2018. 40 s, 6 příloh, CD. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie svařování a povrchových úprav. Vedoucí práce Ing. Marián Sigmund, Ph.D.

## **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Tímto prohlašuji, že předkládanou bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

V ..... dne 25.5.2018

.....

Podpis

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto děkuji panu Ing. Mariánu Sigmundovi, Ph.D a panu Ing. Vratislavu Chaloupkovi z IFE za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce. Největší poděkování patří mé rodině a přátelům, kteří mě po celou dobu studia podporovali.

## **OBSAH**

Zadání

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

Úvod.....	10
1 Zhodnocení aktuálního stavu problematiky vzniku pórů u hliníkových slitin.....	11
1.1 Představení společnost IFE .....	11
1.2 Porozita Al slitin a její důsledky pro společnost IFE.....	12
1.3 Rozbor součástí .....	13
2 Vznik pórů u slitin hliníku .....	15
2.1 Vlastnosti a použití hliníku .....	15
2.2 Hliníkové slitiny.....	16
2.2.1 Slévárenské slitiny hliníku .....	17
2.2.2 Slitiny hliníku ke tváření .....	17
2.3 Svařitelnost hliníku a jeho slitin.....	18
2.4 Porozita .....	19
2.4.1 Působení vodíku .....	19
2.4.2 Vznik pórů.....	21
2.4.3 Vliv porozity na vlastnosti materiálu .....	22
3 Parametry a podmínky technologií oprav vzniklých pórů .....	23
3.1 Svařování plamenem.....	23
3.2 Odporové svařování .....	23
3.3 Svařování laserem .....	24
3.4 Svařování obalenou elektrodou.....	25
3.5 Metoda MIG.....	25
3.6 Metoda TIG.....	26
3.6.1 Svařování střídavým proudem .....	26
3.6.2 Svařování impulsním proudem .....	27
3.6.3 Hořáky pro TIG svařování .....	28
3.6.4 Netavící se elektrody.....	28
3.6.5 Přídavné materiály .....	29
3.6.6 Ochranné plyny .....	30
3.6.7 Výhody a použití.....	30

3.7 Tmelení .....	31
3.7.1 Rozdělení tmelů podle tuhnutí ve spoji.....	31
3.7.2 Přehled tmelů vhodných k tmelení kovů.....	32
4 Postup opravy svařováním .....	34
5 Postup opravy tmelením.....	36
5.1 Volba tmelu a příprava vzorku.....	36
5.2 Provedení experimentu .....	37
5.3 Zhodnocení.....	39
6 Závěry .....	40
Seznam použitých zdrojů	
Seznam použitých symbolů a zkratk	
Seznam obrázků	
Seznam tabulek	
Seznam příloh	
Přílohy	

## ÚVOD [1], [2], [3], [4], [5], [6]

Hliník je třetí nejrozšířenější prvek v zemské kůře, díky jeho nízké hmotnosti, značné chemické odolnosti a dostupnosti nachází on a jeho slitiny stále širší uplatnění ve strojírenské výrobě, je to druhý nejpoužívanější kov a nejpoužívanější neželezný kov. Jeho slitiny se využívají v celé řadě různých odvětví například v potravinářském průmyslu (alobal a obalový materiál), ve stavebnictví (profily na výrobu oken a dveří), v elektrotechnice (vodič), dále je využíván v automobilovém, dopravním, leteckém a chemickém průmyslu. Pro své špatné mechanické vlastnosti se čistý hliník ve strojním průmyslu nepoužívá, používají se především jeho nízkolegované slitiny s mědí, křemíkem, manganem a hořčíkem. Tyto materiály jsou dobře svařitelné, obrobitelné a velmi dobře tvárné, proto je často používáme pro tvorbu výlisků, výtazků a odlitků. Příklady použití hliníku jsou na obrázku 1.

Velkou nevýhodou je, že je hliník značně náchylný na tvorbu póru, ty jsou způsobeny změnou rozpustnosti vodíku a jsou nepřipustné z důvodu snižování tažnosti a mohou být iniciátory trhlin. U taveniny je nutné dbát na co nejmenší naplynění, u svařování je potřeba zajistit co nejmenší kontakt roztaveného hliníku a okolní atmosféry. Vzniklé póry je možné opravit svařováním, ale tato metoda je zdoluhavá, proto se tato práce zabývá alternativní možností opravy.



Obr. 1 Příklady použití hliníku [3], [4], [5], [6]

# 1 ZHODNOCENÍ AKTUÁLNÍHO STAVU PROBLEMATIKY VZNIKU PÓRŮ U HLINÍKOVÝCH SLITIN

## 1.1 Představení společnost IFE [7]

Společnost byla založena v roce 1947 ve Vídni, v této době se zabývala vývojem a výrobou speciálních zařízení pro rakouské průmyslové firmy, postupem času se firma začala specializovat výhradně na konstrukci a výrobu dveřních systémů pro kolejová vozidla. V České republice působí od roku 1996, v současné době má závod v Modřicích 860 zaměstnanců s roční výrobou 27 tisíc dveří, 19 tisíc pohonů a 3,2 tisíce schodů.



Obr. 2 Pobočky firmy IFE ve světě [7]

Firma patří mezi světové lídry ve vývoji a výrobě automatických, elektro-pneumatických a elektricky ovládaných dveřních systémů pro kolejová vozidla a nástupních pomůcek jako jsou rampy, plošiny a schody. Společnost má certifikát na svařování kolejových vozidel a jejich komponentů podle normy ISO EN 15085-2, příloha 1. Společnost má pobočky po celém světě.

Pro hromadnou dopravu firma nabízí posuvné dveře, viz obr. 3, předsvuné i vnitřní a mezivozové dveře, stejné druhy dveří nabízí i pro dálkovou přepravu, vyrábějí i předsvuné dveře pro vysokorychlostní vlaky, viz obr. 4. Dále jsou v sortimentu nástupní pomůcky jako výsvuné rampy, výsvuné plošiny, sklopná stoupátka a přemostění.



Obr. 3 Posuvné dveře [7]



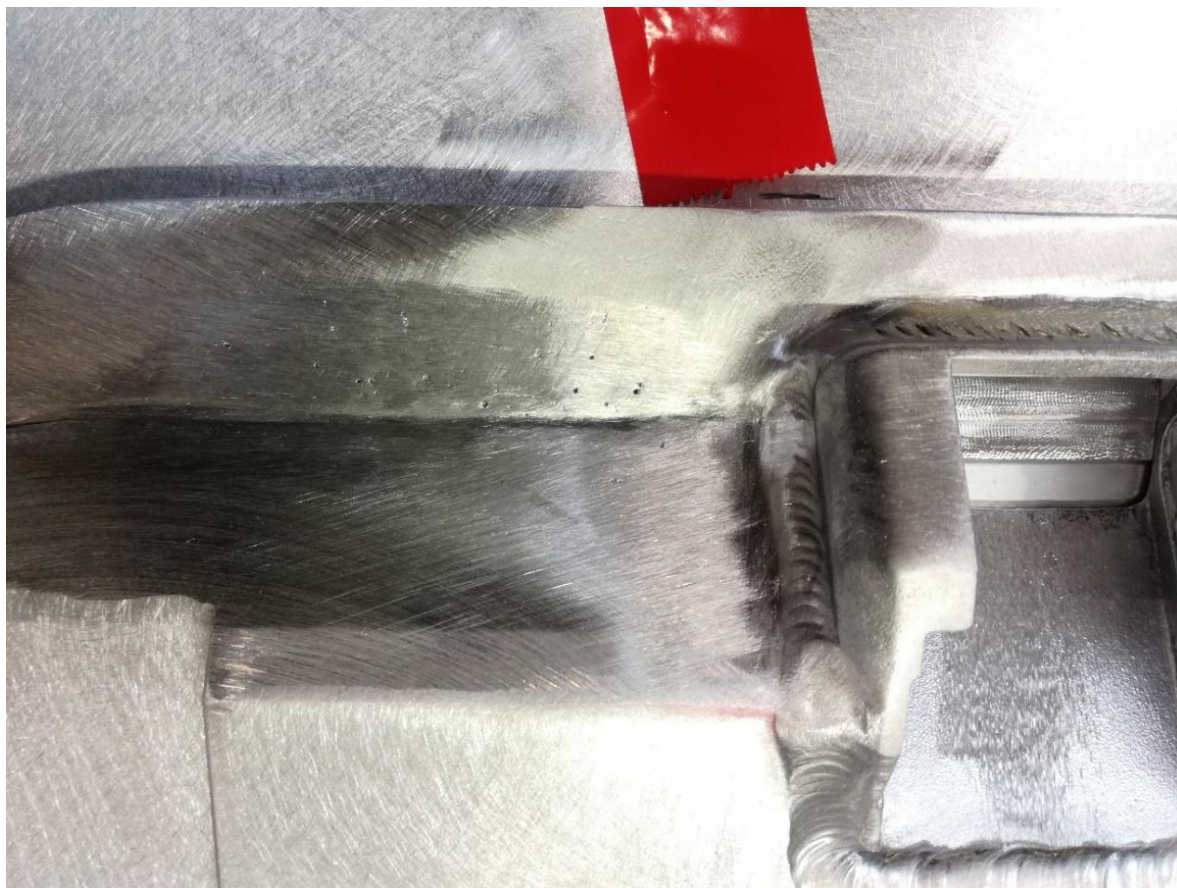
Obr. 4 Předsvuné dveře [7]

## 1.2 Porozita Al slitin a její důsledky pro společnost IFE [8], [9]

Díky pórům je ovlivněna nejen tažnost a pevnost materiálu, ale i následná možnost povrchové úpravy. Příklad porozity je vidět na obrázku 5. V této firmě je problém se vzniklou porozitou hlavně při povrchové úpravě, ta probíhá tak, že se na součást nanese prášek, poté se umístí do pece a celá součást se ohřeje na teplotu tavení prášku, ten se roztaví a následně vytvrdí, tím vznikne souvislá vrstva odolná vůči korozi. V případě výrobku s pórem mohou nastat dvě situace, v první je pór překryt vrstvou prášku, ten se roztaví a v póru vznikne bublina vzduchu, ten při dalším zahřívání expanduje a bublina praskne, tím se poruší celistvost povlaku a součást neprojde vizuální kontrolou. V druhé se prášek usadí na dně póru a po nanesení prášku a jeho roztavení vznikne v místě póru prohlubeň, která je také pro vizuální kontrolu nepřijatelná.

Firma řídí výrobu podle normy ČSN EN ISO 10042 pro svařování hliníku a jeho slitin obloukovým svařováním jsou pro stupeň jakosti C nepřijatelné jakékoliv trhliny, či řádky pórů. Průměr póru přípustný u tloušťky plechu do 3 mm je menší než  $0,2 \cdot$  jmenovitá tloušťka tupého svaru, u tlouštěk plechu nad 3 mm je přípustný průměr menší než  $0,3 \cdot$  jmenovitá tloušťka tupého svaru. Tyto póry musí být opraveny, aby součást prošla vizuální kontrolou podle normy ČSN EN ISO 17637.

Standardním postupem opravy póru je v IFE zavaření vad metodou TIG, použití této metody je časově náročné, a proto se tato práce bude zabývat alternativním způsobem opravy, a to zatmelením vzniklých pórů. Tmelení by mělo hlavně ušetřit čas na opravu jednoho dílce, průměrná doba opravy jednoho póru jsou asi 4 minuty.



Obr. 5 Příklad porozity na součásti



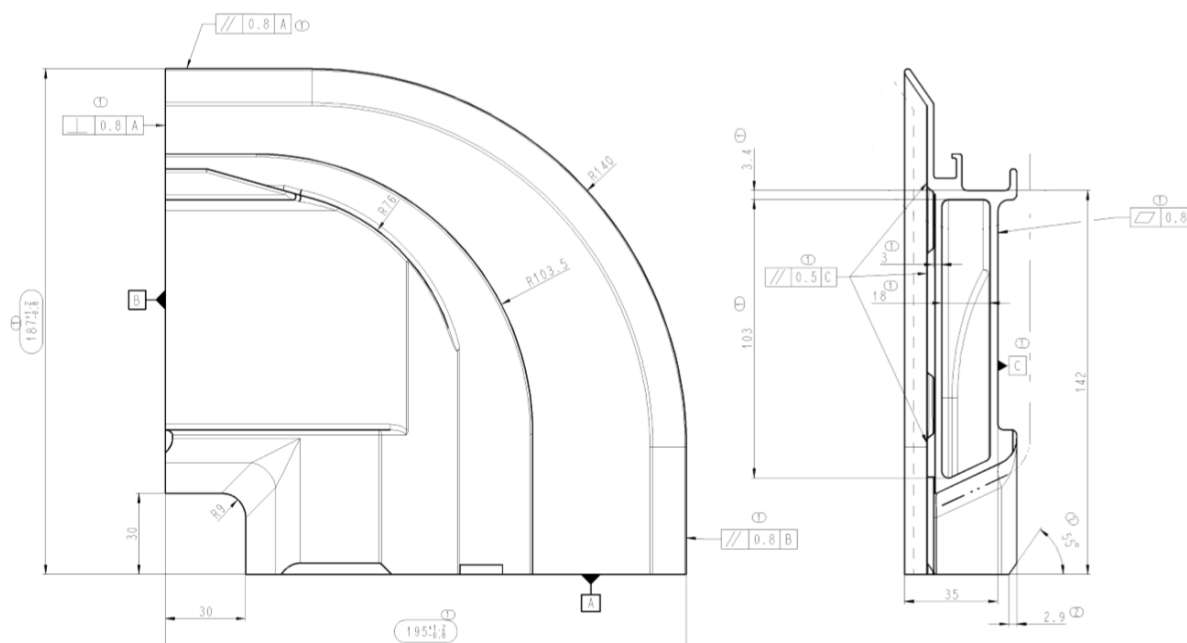
### 1.3 Rozbor součástí [9], [10], [11], [12]

V této práci je řešena porozita na rohové části rámu dveří, na které se po odlití často objevovali póry. Tato součást je vytvořena ze slitiny AlSi7Mg0,3 (EN 1706 AC 42100). Tento materiál patří mezi podeutektické siluminy, je vhodný pro odlitky používané v leteckém či dopravním průmyslu. Jedná se o slitinu s vysokou pevností, dobrou odolností vůči korozi a velmi dobrými slévárenskými vlastnostmi. Materiál splnil také požadavky na minimální mez pevnosti 140 MPa, mez kluzu minimálně 80 MPa a tažnost alespoň 2 %, na 4 měřených vzorcích se mez pevnosti pohybuje okolo 165 MPa, mez kluzu mezi 110 a 136 MPa a tažnost je na každém vzorku minimálně 5 %, viz příloha 2.

Tab. 1 Chemická analýza slitiny AlSi7Mg0,3 [9].

Prvek	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Ti	Al
[%]	6,59	0,107	0,012	0,023	0,434	0,0019	0,0004	0,0093	0,135	92,7

Jak už bylo zmíněno, jedná se o rohovou část rámu dveří, výkres součásti je v příloze 3. Na obrázku 6 jsou vidět základní rozměry součásti. Tato součást se navaří k dalším částem a vznikne celý profil dveří, viz obr. 7. Po navaření se sváry zbrousí, aby nebyl patrný přechod mezi díly, viz obr. 8. Póry v místě svaru se mohou objevit i po přebroušení svaru, proto je nutná vizuální kontrola.

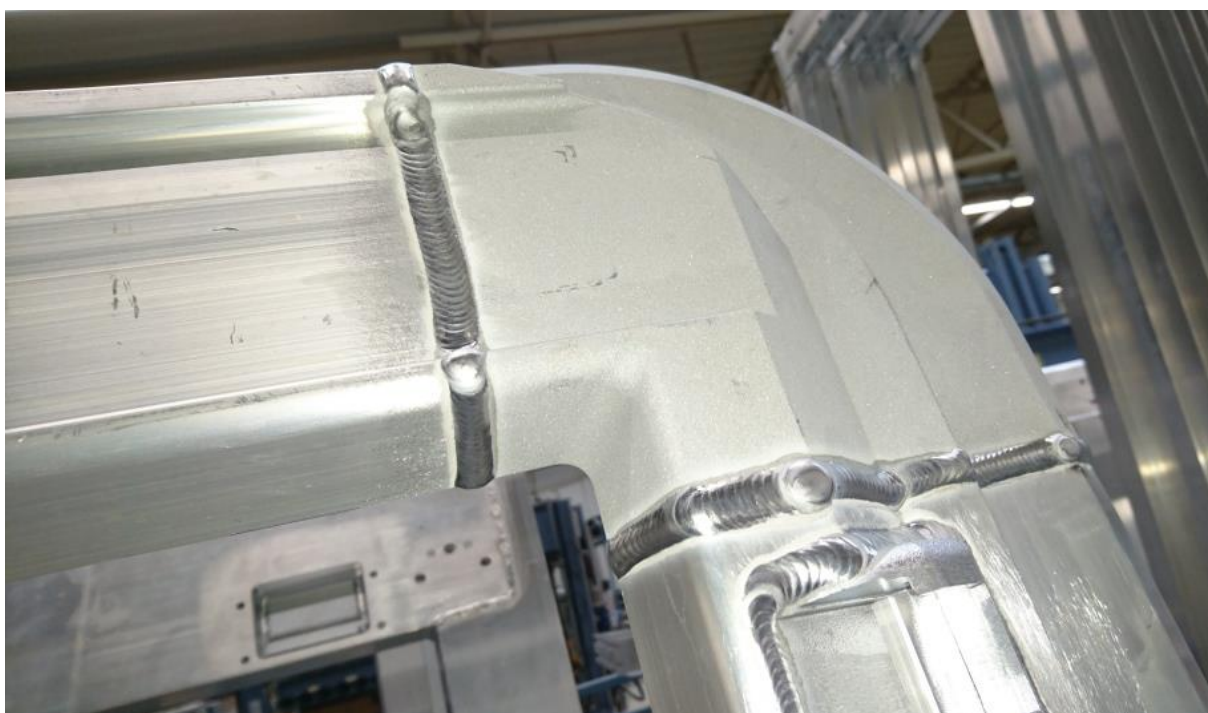


Obr. 6 Rozměry součásti

Vizuální kontrola je nejjednodušší a nejlevnější defektoskopickou zkouškou svarů, je buď přímá, ta se provádí lupou nebo pouhým okem, nebo nepřímá, ta se provádí pomocí optických přístrojů jako jsou například endoskopy. Pro tuto zkoušku je důležité, aby byl povrch očištěn od nečistot, jakou jsou struska nebo rozstřík. Měla by být prováděna před následujícími technologickými operacemi. Nutností je dobré osvětlení oblasti svaru a dobrý zrak kontrolora. Na rozdíl od ostatních zkoušek, kde se hodnotí jenom indikace napovídající výskytu možných vad, se u vizuální zkoušky hodnotí přímo vzniklé vady. Tato zkouška se řídí podle normy ČSN EN ISO 17637. Další zkoušky, které se je možné provádět na svarech nebudou provedeny, požadavek je pouze na vizuální kontrolu.



Obr. 7 Rám dveří



Obr. 8 Rám po navaření

## 2 VZNIK PÓRŮ U SLITIN HLINÍKU

### 2.1 Vlastnosti a použití hliníku [1], [13], [14]

Hliník je lesklý stříbrný neušlechtilý kov s hustotou  $2699 \text{ kg.m}^{-3}$ , díky této hustotě je řazen mezi lehké kovy. Hliník se vyznačuje také výbornou elektrickou vodivostí a dobrou tepelnou vodivostí. Plošně středěná kubická krystalografická soustava předurčuje jeho vynikající tvárnost za studena. U čistého hliníku je teplota tavení  $660,32 \text{ }^\circ\text{C}$ , pevnost v tahu asi  $70 \text{ MPa}$  a tažnost se pohybuje mezi  $30 - 40 \%$ . Vlastnosti jako pevnost a elektrická vodivost jsou silně ovlivněny čistotou hliníku. Nejběžnějším způsobem výroby je elektrolytická redukce  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , touto metodou můžeme získat hliník o čistotě  $99,3$  až  $99,8 \%$ . Tento proces probíhá v elektrolyzní peci, zde se nachází roztavený kryolit s teplotou  $960 \text{ }^\circ\text{C}$  a uhlíková anoda ponořená do tohoto roztoku, poté se v pravidelných intervalech přidává čistý bauxit, který je díky elektrickému proudu rozkládán na čistý hliník, ten stéká na dno ke katodě a kyslík, který oxiduje uhlíkovou katodu za vzniku  $\text{CO}$ . Několikanásobnou elektrolýzou je možno získat hliník o čistotě  $99,99 \%$ , případně pomocí dalších metod lze dosáhnout čistoty až  $99,9999 \%$ , tyto metody jsou však velice nákladné a takto čistý hliník se používá pouze pro speciální účely. Běžně se k výrobě polotovarů používá technický hliník, který má čistotu  $99,5 \%$ , v potravinářském průmyslu se využívá kov s čistotou  $99,7$  až  $99,8 \%$ .

Další důležitou vlastností je schopnost vytvářet na svém povrchu vrstvu  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , díky této vrstvě je kov chráněn před korozi. Vrstva je přilnavá a elektricky nevodivá, její šířka je asi  $0,01 \text{ } \mu\text{m}$ , tloušťku vrstvy lze zvětšit až na  $25 \text{ } \mu\text{m}$ . Tento oxid má oproti hliníku větší měrnou hmotnost ( $3960 \text{ kg.m}^{-3}$ ) i vyšší teplotu tavení ( $2050 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Při svařování je tato vlastnost nežádoucí a vrstvu  $\text{Al}_2\text{O}_3$  je nutné ze svařovaných ploch předem odstranit. Z pohledu svařování je další nevýhodná velká tepelná vodivost hliníku.

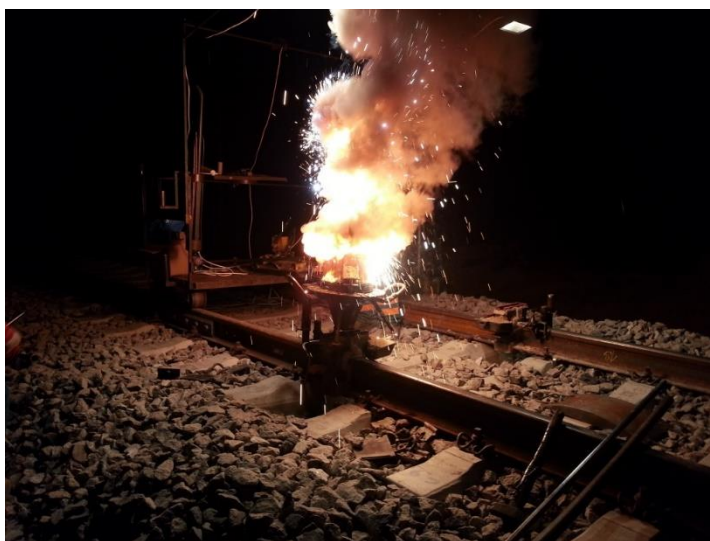


Obr. 9 Příklady hliníkových ingotů [13]

Tab. 2 Porovnání vlastností hliníku a oceli [1].

Vlastnosti	Hliník	Nízkouhlíková ocel
Měrná hmotnost při $20 \text{ }^\circ\text{C}$ [ $\text{kg.m}^{-3}$ ]	2669	7850
Teplota tavení [ $^\circ\text{C}$ ]	660	1530
Tepelná roztažnost [ $^\circ\text{C}^{-1} \cdot 10^{-6}$ ]	23,8	12
Elektrická vodivost [S]	35	8
Pevnost [MPa]	70 až 100	300 až 400
Tažnost [%]	30 až 40	30 až 35
Tepelná vodivost [ $\text{J.cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ ]	2,1	0,46

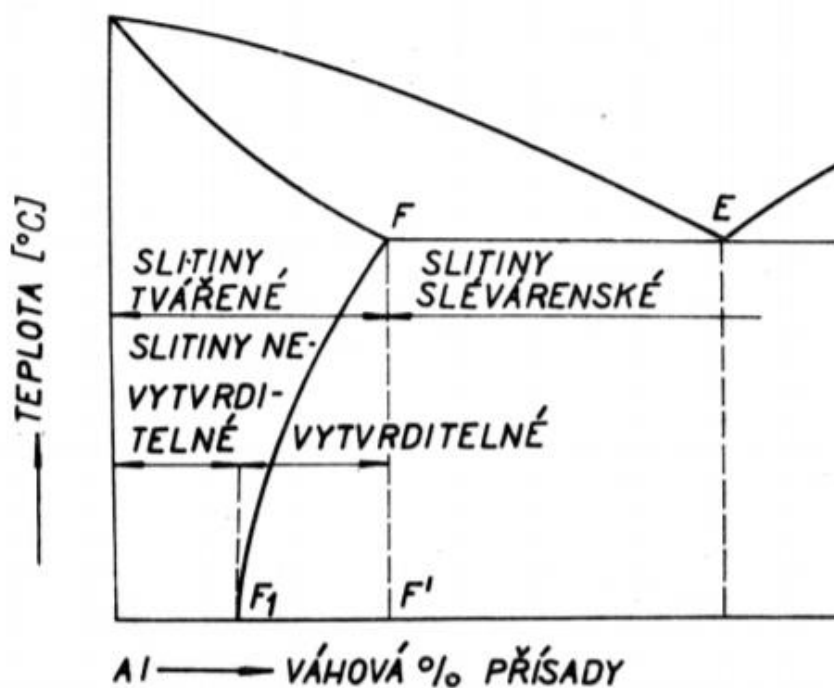
Díky své vysoké afinitě ke kyslíku velmi snadno oxiduje, toho se využívá při svařování a dělení železných slitin, kdy čistý hliníkový prášek a kyslík vstoupí do exotermické reakce a dochází k tzv. aluminotermické reakci. V praxi se takto svařují například koleje, viz obr 10. Čistý hliník dosahuje přibližně 60 % vodivosti mědi, a proto je hojně využíván v elektrotechnickém průmyslu. Oproti mědi má ovšem i jisté nevýhody, při oxidaci se na povrchu tvoří nevodivá vrstva  $Al_2O_3$  a tím roste i elektrický odpor v místě kontaktu, díky přerušovanému proudu se celý vodič natahuje a smršťuje, další nevýhodou je, že se při průchodu proudu zahřívá a zvětšuje svůj objem.



Obr. 10 Svařování kolejnic [14]

## 2.2 Hliníkové slitiny [1], [2], [15]

Tyto slitiny obsahují více než 1 % legujících prvku, díky nízké teplotě tavení, se ale v praxi setkáváme jenom s nízkolegovanými slitinami. Tyto materiály jsou ve strojírenství velmi využívány, dají se dobře obrábět, slévat i tvářet. Slitiny se dělí nejčastěji podle zpracování na slitiny pro tváření a slitiny pro slévání. Z hlediska tepelného zpracování (vytvzováním) se dělí slitiny hliníku na vytvrditelné a nevytvrditelné, viz obr 11.



Obr. 11 Rozdělení hliníkových slitin z hlediska tepelného zpracování [1]



### 2.2.1 Slévárenské slitiny hliníku [1]

Slévárenské slitiny se podle ASM (American Society for Metals) dělí podle obsahu legujících prvků do 6 skupin:

- Slitiny Al-Cu: Obsah mědi je zde 4 až 11 %. Tyto slitiny mají dobré pevnostní vlastnosti za vyšších teplot a také velkou odolnost vůči otěru. Nevýhodou je horší slévateľnost a nízká korozní odolnost.
- Slitiny Al-Cu-Si: Jedná se o hojně využívané slitiny, které mají lepší slévateľné vlastnosti než Al-Cu, právě díky legování Si. Čím vyšší je u slitiny obsah křemíku, tím je nižší koeficient teplotní roztažnosti (obsah křemíku nad 10 %) a vyšší odolnost vůči otěru (obsah křemíku až 22 %).
- Slitiny Al-Si: Tyto materiály použijeme tam, kde se žádá dobrá slévateľnost a také odolnost vůči korozi. Obsah křemíku se pohybuje v rozmezí 5 až 13 %. Dle jeho obsahu jsou tyto slitiny rozdělovány na podeutektické (méně než 12 % Si), eutektické (kolem 12 % Si) a nadeutektické (nad 12 % Si).
- Slitiny Al-Mg: Tento materiál charakterizuje velká odolnost vůči korozi v mořské vodě, dobrá mechanická obrobiteľnost a svařitelnost. Nevýhodou je špatná slévateľnost a náchylnost hořčíku k oxidaci během procesu tavení.
- Slitiny Al-Zn-Mg: Slitiny hliníku, zinku a hořčíku mají dobrou odolnost vůči korozi a dobré pevnostní vlastnosti. Tyto slitiny jsou náchylné na tvorbu trhlin za tepla a jejich slévateľnost je špatná.
- Slitiny Al-Sn: Jedná se o materiály speciálně určené pro výrobu kluzných ložisek, obsah cínu je asi 6 %.

### 2.2.2 Slitiny hliníku ke tváření [1]

Tyto slitiny dělíme na vytvrditelné a nevytvrditelné (série 1000, 3000, 4000, 5000)

- 1xxx (série 1000): Představuje aplikace hliníku o minimální čistotě 99,00 % (technický hliník). Tato série se využívá pro svou výbornou tepelnou a elektrickou vodivost a také vysokou odolnost proti korozi. Používá se v elektrotechnickém a chemickém průmyslu a energetice.
- 2xxx (série 2000): Hlavní legující prvek je měď, sekundární je hořčík. Slitiny jsou tepelně zpracovávány k dosažení maximálních pevnostních vlastností. Je zde nízká odolnost vůči korozi, proto bývají potahovány fóliemi z hliníku vysoké čistoty, nebo některou slitinou ze série 6000.
- 3xxx (série 3000): Tyto slitiny nejsou tepelně zpracovány, využívají se v architektuře nebo na výměníky tepla. Obsah manganu je do 1,5 % a zvýšení efektivních vlastností je o 20 % oproti sérii 1000.
- 4xxx (série 4000): Tyto slitiny nejsou většinou tepelně zpracovány. Hlavním legujícím prvkem je křemík, zlepšuje tavitelnost a jeho obsah je do 12 %. Z tohoto důvodu jsou tyto série používány na svařecí dráty.
- 5xxx (série 5000): Jako hlavní legující prvek je použit hořčík, ten vykazuje efektivnější zpevnění než mangan (0,8 % hořčíku je srovnatelné s 1,25 % manganu). Tyto slitiny se používají v potravinářském průmyslu, architektuře, lodní dopravě a pro zařízení na kryogenní techniku.
- 6xxx (série 6000): Materiály v sérii 6000 jsou samokalitelné, jsou vhodné ke tváření, mají dobrou svařitelnost a odolnost vůči korozi. Legujícími prvky jsou křemík a hořčík, které se přidávají v přibližně stejném množství potřebném pro vytvoření křemičitanu

hořečnatého ( $Mg_2Si$ ), který nám umožňuje tepelné zpracování. Použití nachází v mostních konstrukcích, architektuře nebo cyklistice.

- 7xxx (série 7000): Legujícím prvkem je zinek v množství od 1 do 8 %. Při přidání malého množství hořčíku dostáváme vysoce pevné tepelně zpracovatelné slitiny. Jako další legující prvky se přidávají měď nebo chrom. Při maximální pevnosti mají slitiny špatnou odolnost vůči korozi. Využití nachází v leteckém a automobilovém průmyslu.

## 2.3 Svařitelnost hliníku a jeho slitin [2], [16], [17]

Pojem svařitelnost lze definovat, jako schopnost materiálu tvořit za určitých podmínek svarový spoj daných vlastností. Některé slitiny hliníku jsou lépe svařitelné než jiné, při stanovení svařitelnosti je nutné znát druh legujícího prvku. Materiály, které obsahují hořčík, jsou lépe svařitelné než materiály na bázi křemíku.

Faktory ovlivňující svařitelnost hliníku a jeho slitin:

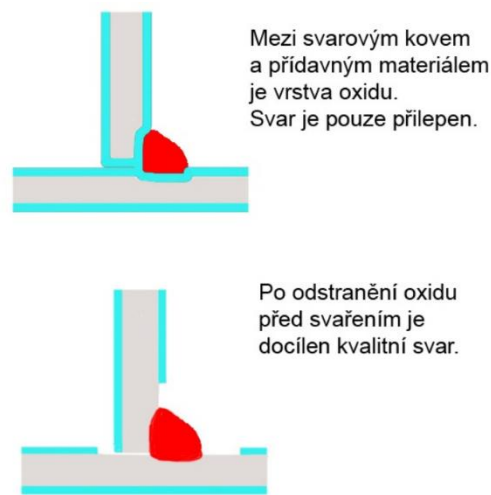
- Prvním problémem je velká afinita hliníku ke kyslíku, díky ní se vytváří na povrchu vrstva oxidu  $Al_2O_3$ , která zabraňuje přístupu kyslíku do dalšího materiálu. Tato vrstva chrání hliník před korozí, ale pro svařování je problematická. Tvoří se u všech slitin bez výjimky a musí se vždy před svařováním porušit nebo odstranit.

Tato vrstva je v procesu tavného svařování netavitelná, z toho vyplývá, že když se tento obal vyskytne mezi základním materiálem a svarovým kovem, tak dojde pouze k „nalepení“ svaru na ZM nebo nedojde vůbec ke spojení základního a přídatného materiálu, viz obr. 12.

Oxid hlinitý je těžší, než čistý hliník, takže oxidy při svařování nevyplavou nahoru, ale naopak se propadají a vytváří ve svarovém kovu ostré vměstky, které mohou vytvářet trhliny. Vrstva je také elektricky nevodivá, což působí problémy s využitím všech vlastností elektrického svařovacího zdroje (oblouk se kvůli izolující vrstvě bude chovat jinak než u čisté svarové plochy).

Tento oxid je také silně hydrofilní, to znamená, že pojímá vlhkost ze svého okolí a zadržuje ji v sobě, i když se okolí vysuší. Proto musíme odstranit vrstvu oxidu ze svarových ploch i z jejich okolí.

- Další problém je u hliníku velký koeficient tepelné roztažnosti, ten spolu s velkou tepelnou vodivostí způsobuje napětí a velké deformace, a ty bývají příčinou vzniku trhlin hlavně u svařování tepelně vytvrditelných slitin. Kvůli tepelné roztažnosti se musí u svařování zabránit pohybu dílu, toho docílíme stehováním nebo použitím přípravků.
- Některé vytvrditelné slitiny jsou citlivé na ohřev, ten vyvolá precipitační procesy v tepelně ovlivněné oblasti základního materiálu, a to má za následek snížení mechanických vlastností a snížení odolnosti vůči korozi. Díky této citlivosti je nutné hliníkové slitiny svařovat co nejrychleji, to znamená použití vyššího svařovacího proudu, vysoké rychlosti svařování a délky oblouku mezi 3 až 5 mm.



Obr. 12 Chování vrstvy  $Al_2O_3$  [17]

Při rovnání svařenců se rovněž nesmí překročit teplota 200 °C, po překročení této hranice začne značně klesat pevnost. Problém je i s přehřevem, ten se většinou využívá u materiálu s tloušťkou větší jak 8 mm a v intervalu teplot 80 – 120 °C. Někteří výrobci uvádí přehřev u přídavného materiálu až 150 °C, to může být dodrženo pouze u nevytvrditelných slitin.

- Velká rozpustnost plynů v hliníku bývá problém, protože díky této vlastnosti se tvoří póry ve svarech, je tedy nutné se důkladně věnovat přípravě svarových ploch a po vyčištění a odmaštění zabránit kontaktu s mastnotou, vlhkostí nebo prachem. Největší problém dělá vodík, jehož rozpustnost s teplotou roste.
- Barva hliníku se při ohřevu nemění, takže určení teploty tavení a sledování tavné lázně pouze okem je pro svářeče obtížné, bohužel pro svářeče je nezbytné rozeznat hranici tavné lázně, aby mohl přesně udržovat rychlost svařování.
- Velkým problémem jsou trhliny za horka, ty se mohou vyskytovat jak ve svarovém kovu, tak v tepelně ovlivněné oblasti. Nejvíce ohroženy jsou svary, které mají široký interval tuhnutí. Trhliny vznikají za předpokladu, že je objem eutektika malý a nedostatečně vyplňuje okolí rostoucích dendritů. Na vznik jsou obzvláště náchylné vytvrditelné a nízkolegované slitiny hliníku a některé technické hliníky s větší příměsí nečistot.

Pro zabránění vzniku krystalizačních trhlin je nutné, aby byl objem eutektické fáze v intervalu 15 – 25 % (záleží na typu slitiny a podmínkách svařování). Dostatečné množství eutektika lze také zajistit použitím vhodného přídavného materiálu, jako nejvhodnější se jeví materiál AlSi5, který lze nejen pro svařování slitin typu Al-Si, ale i pro svařování některých slitin náchylných k tvoření trhlin za tepla a pro některé typy technických hliníků. Dále lze náchylnost snížit přehřevem, zvolením technologie svařování, která umožňuje velkou rychlost svařování a zabránění svařování při tuhém upnutí svarových spojů.

U některých slitin mohou vznikat i trhliny za studena (200 – 400 °C), tyto trhliny vznikají hlavně v tepelně ovlivněné oblasti svarového spoje a jsou zapříčiněny sníženou pevností materiálu již za nízkých teplot.

## **2.4 Porozita [18]**

Plyn, který výrazně ovlivňuje vznik pórů je vodík. Do slitiny difunduje i při normální teplotě, proto je důležité snížit obsah vodíku na minimum.

### **2.4.1 Působení vodíku [1], [18]**

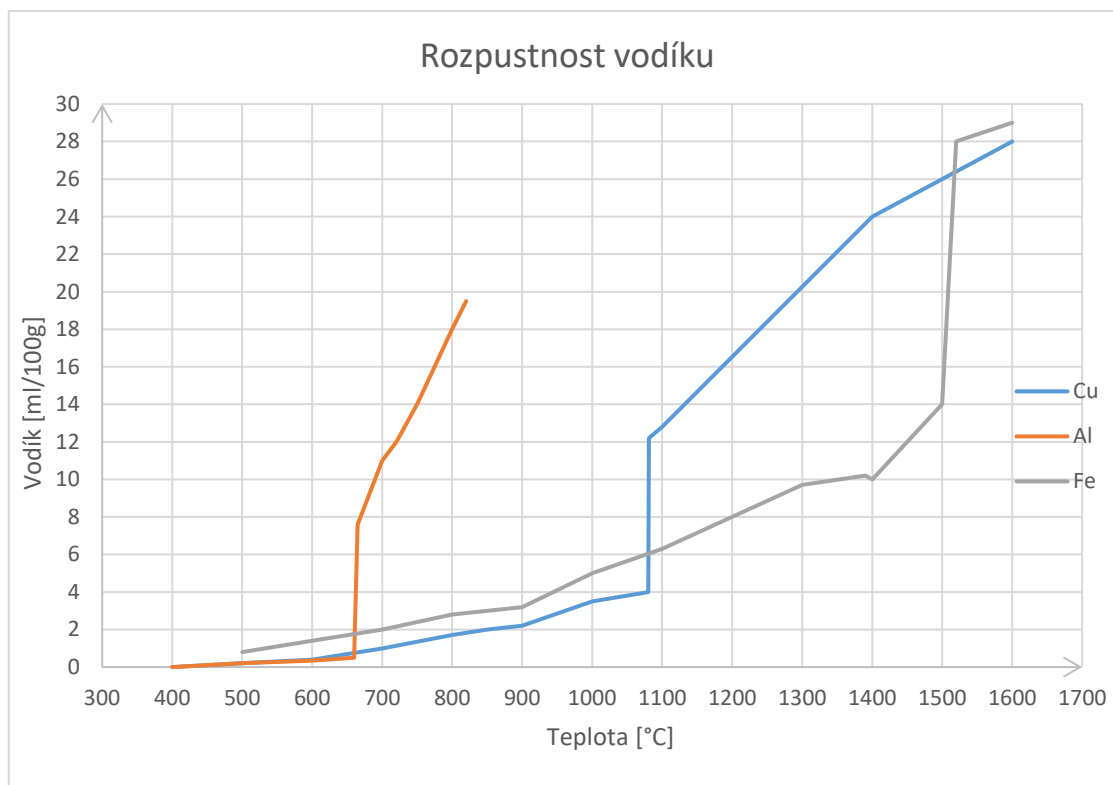
Největším zdrojem vodíku je vlhkost. Jakmile dojde ke styku roztaveného kovu a vodní páry molekula vody se začne rozpadat a reakcí kyslíku a hliníku vznikne oxid hlinitý, vodík se v roztaveném kovu rozpustí. Pára reaguje s hliníkem nikoliv s oxidy, proto vrstva oxidů taveninu chrání před naplyněním až do teploty 900 °C, po překročení této teploty rychlost naplynění prudce roste. Nositelem vlhkosti bývají krycí a rafinační soli, tyto přísady jsou hyroskopické a lehce přijímají vodu z okolní atmosféry, proto se musí skladovat v suchu a před použitím je dobré soli vysušit. Dalším zdrojem jsou nové tavící kelímky a nové vyzdívky, ty musí být před prvním použitím důkladně vysušeny a přehřáté do červeného žáru. Vsázka by se měla také pečlivě přehřívát, voda bývá vázána v pórech vsázkových surovin.

Rozpustnost vodíku je veličina, která charakterizuje maximální množství vodíku, které je možné za rovnovážných podmínek rozpustit v kovu, při definované teplotě a tlaku. Vychází ze vztahu:

$$\log S = \frac{1}{2} \log p_{H_2} - \frac{A}{T} + B \quad (2.1)$$

kde:  $S$  – rozpustnost vodíku v tavenině ( $\text{cm}^3/100 \text{ g}$ )  
 $p_{H_2}$  – parciální tlak vodíku v okolní atmosféře (kPa)  
 $T$  – teplota kovu (K)  
 $A, B$  – konstanty pro daný kov

Když je množství rozpuštěného plynu vyšší, než je jeho rozpustnost, začne přebytečný plyn unikat difuzí nebo vytvoří bubliny (póry). Pro hliníkové slitiny je charakteristický velký rozdíl v rozpustnosti vodíku v tuhém a tekutém stavu. Při teplotě  $660 \text{ }^\circ\text{C}$  je v tuhém stavu rozpustnost vodíku v Al  $0,036 \text{ cm}^3/100 \text{ g}$ , zatímco v tekutém stavu je rozpustnost  $0,77 \text{ cm}^3/100 \text{ g}$ , což je asi 20krát vyšší hodnota. Nárůst rozpustnosti vodíku v kovech je zobrazen na grafu 1. Zvýšením teploty o  $110 \text{ K}$  se rozpustnost zdvojnásobí, proto zbytečné přehřívání taveniny vede ke zvýšení pórovitosti odlitku.



Graf 1 Rozpustnost vodíku

Závislost rozpustnosti vodíku na parciálním tlaku vodíku v okolní atmosféře je vyjádřena Sievertsovým zákonem, který má tvar:

$$S = k * \sqrt{p_{H_2}} \quad (2.2)$$

kde:  $S$  – rozpustnost vodíku v tavenině ( $\text{cm}^3/100 \text{ g}$ )  
 $p_{H_2}$  – parciální tlak vodíku v okolní atmosféře (kPa)  
 $k$  – rozdělovací koeficient



U slitin hliníku je stejný průběh rozpustnosti vodíku jako u čistého hliníku, většina přidávaných prvků jako Si, Zn, Cu a Mn rozpustnost vodíku snižuje, naproti tomu Mg, Va, Li, Ti rozpustnost zvyšují.

#### 2.4.2 Vznik pórů [18]

Hlavní příčinou vzniku pórů je změna rozpustnosti vodíku během tuhnutí. Vodík by měl být v tavenině obsažen pouze do obsahu, který odpovídá křivce rozpustnosti. Plynové bubliny mohou vznikat homogenní nebo heterogenní nukleací. Pro vznik homogenní nukleace je nutné, aby tlak v bublině byl větší než součet metalostatického tlaku, atmosférického tlaku a tlaku, který vyvolává povrchové napětí.

$$p_{H_2} > p_{atm} + p_{met} + p_{\sigma} \quad (2.3)$$

kde:  $p_{H_2}$  – tlak v bublině

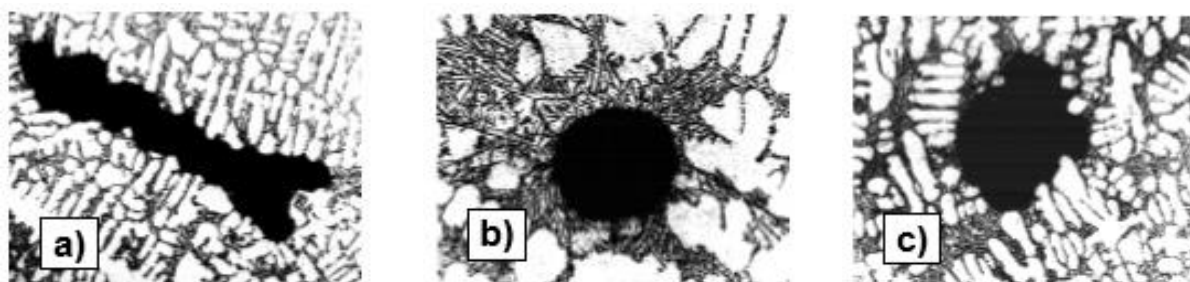
$p_{atm}$  – atmosférický tlak

$p_{met}$  – metalostatický tlak

$p_{\sigma}$  – tlak vyvolaný povrchovým napětím

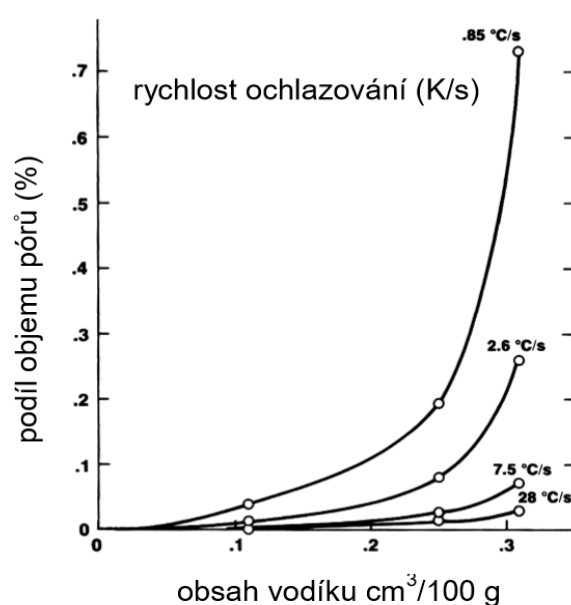
Hodnota tlaku potřebného k homogenní nukleaci je asi 3000 MPa, z toho je zřejmé, že póry v reálných podmínkách vznikají pouze mechanismem heterogenní nukleace. Při tomto procesu je krystalizačním zárodkem cizí tuhá částice, při tvorbě bubliny závisí na velikosti povrchového napětí mezi taveninou, cizí částicí a plynem.

Porozita vzniká během tuhnutí kovu, kdy se rozpustnost vodíku prudce snižuje. Díky malé hodnotě rozdělovacího koeficientu vodíku dojde k velkému obohacení zbylé taveniny vodíkem, to má za důsledek zvýšení hodnoty parciálního tlaku vodíku a podporu tvorby pórů. Při tuhnutí se k tvorbě pórů nevyužívá pouze cizích zárodků, ale i krystalů tuhého kovu. Velký vliv na nukleaci mají také tlakové poměry v oblasti vzniku pórů, může se stát, že tuhá fáze uzavře určité mikroobjemy, do kterých se potom nedostane tekutý kov, tyto mikrostaženiny vytváří výhodné podmínky pro vznik plynových dutin. Poloha a tvar pórů je ovlivněn morfologií tuhé fáze, obsahem plynů a rychlostí tuhnutí. Porozita na obrázku 13 c) je zapříčiněna kombinací tvorby bublin a mikrostaženin, vznik čistých plynových bublin je vidět na obrázku 13 b) a čistých mikrostaženin na obrázku 13 a). Tento typ porozity nastává jenom za speciálních podmínek (obsah vodíku vyšší než 0,4 cm<sup>3</sup>/100). Pokud převažuje mechanismus mikrostaženin, jsou póry tvarově členité a mají dendritickou stavbu kovu, čím širší je dvoufázové pásmo, tím více vzniká mikrostaženin. Když převažuje mechanismus bublin, jsou póry kulovitě tvaru, při pomalém ochlazování vznikají velké bubliny. S porozitou je problém u slitin se širokým rozsahem tuhnutí.



Obr. 13 Typy porozity [18]

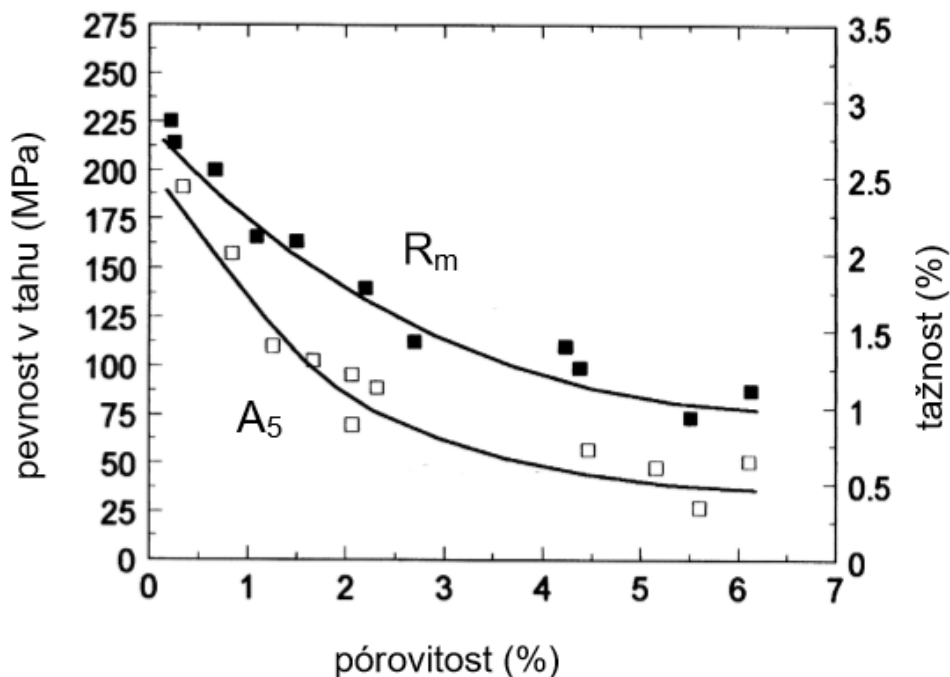
Při reálné rychlosti tuhnutí není možné snížit obsah vodíku až na rovnovážnou hodnotu rozpustnosti v tuhém stavu, protože část vodíku zůstane v kovu jako přesycený tuhý roztok. V praxi platí, že čím rychlejší ochlazování, tím vyšší je přesycenost tuhého kovu, tím pádem se vyloučí méně vodíku a nevznikne tolik pórů, viz obr 14. Proto porozitu pozorujeme více u silnostěnných odlitků, které byly lity do pískových forem než u tenkostěnných odlitků litých do kovových forem.



Obr. 14 Závislost velikosti pórů na rychlosti ochlazování [18]

### 2.4.3 Vliv porozity na vlastnosti materiálu [18]

Při odlévání slitin hliníku je porozita jedna z nejrozšířenějších vad, proto je třeba zabránit naplynění taveniny, nebo zajistit její odplynění. Tato vada snižuje pevnost i tažnost, viz obr 15, póry jsou iniciačními místy pro vznik únavových lomů. Dále má vliv na těsnost, kvalitu obráběných ploch a povrchovou úpravu odlitků.



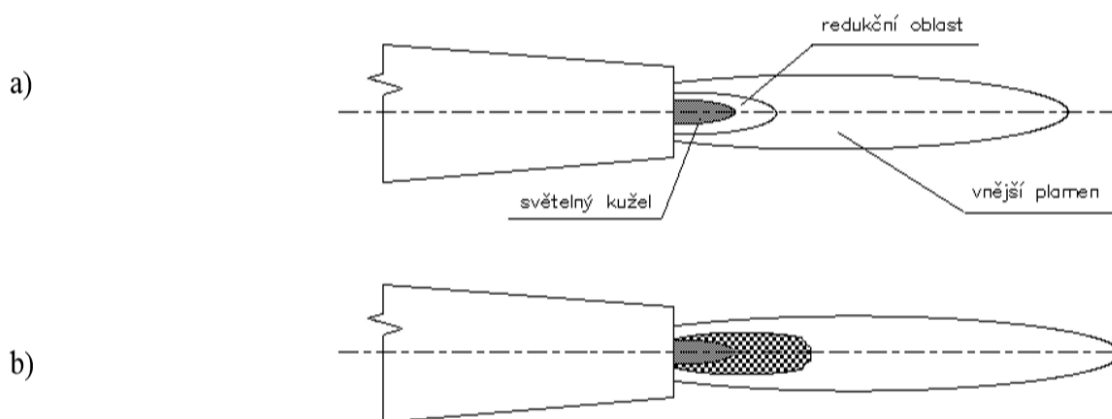
Obr. 15 Vliv porozity na tažnost a pevnost v tahu [18]

### 3 PARAMETRY A PODMÍNKY TECHNOLOGIÍ OPRAV VZNIKLÝCH PÓRŮ [2]

Na opravu vzniklých pórů byla vybrána technologie svařování a tmelení. Hliník a jeho slitiny je možno svařovat mnoha způsoby. Lze použít všechny způsoby obloukového svařování, svařování plamenem, elektronový paprskem, elektrickým odporem, laserem, plazmou, difuzně i tlakem za studena, některé z těchto metod budou dále krátce popsány.

#### 3.1 Svařování plamenem [2], [15], [16], [19]

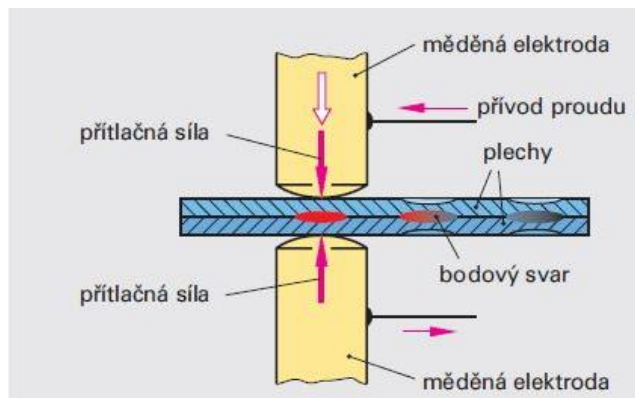
Tento způsob svařování se dnes používá pouze pro spojování tenkých plechů, zejména z technického hliníku a jeho slitin Al-Mg a Al-Mn. Z důvodu odstranění strusky musí být svarové spoje přístupné z obou stran. Pro tuto metodu se používá nejčastěji kyslíko-acetylenový neutrální (obr. 16 a) až mírně redukční plamen (obr. 16 b), ten má cca 3krát delší bílý svítící kužel oproti neutrálnímu viz obrázky. Stejně jako u oceli je možné svařovat bez přídavného materiálu nebo s přídavným materiálem přídavný i základní materiál je nutno před začátkem svařování očistit a odmastit, vrstvu  $Al_2O_3$  je nutno odstranit mořidlem, tavidlem nebo mechanicky nerezovým kartáčem. Tato technologie se nedoporučuje pro koutové a přeplátované svarové spoje.



Obr. 16 Neutrální a redukční plamen [19]

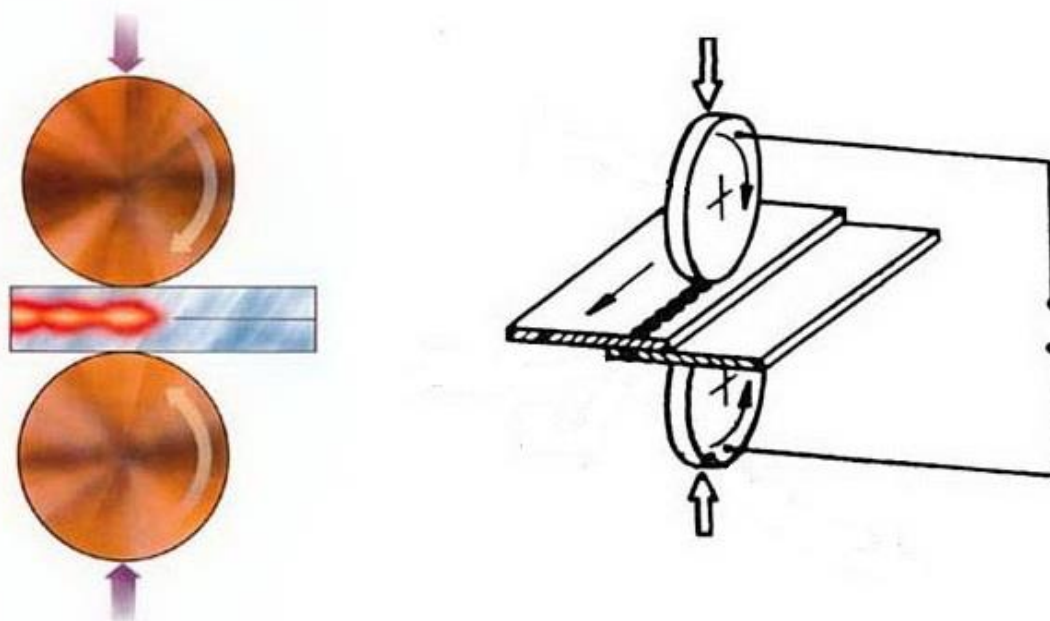
#### 3.2 Odporové svařování [15], [16], [20], [21]

Při této metodě protéká materiálem v místě spoje elektrický proud, v tomto místě se zvyšuje odpor a díky tomu se materiál nataví a za působení tlaku spojí. Při použití této technologie dochází pouze k malému tepelnému ovlivnění základního materiálu a používá se ke svařování vytvrzených hliníkových slitin. Je nutné zajistit dokonale čistě stykové plochy, které jsou ve styku s elektrodami a rovněž plochy v místě vzniku svarové čočky. Čistým povrchem se zajistí minimální přechodový odpor. Při odporovém



Obr. 17 Bodové svařování [20]

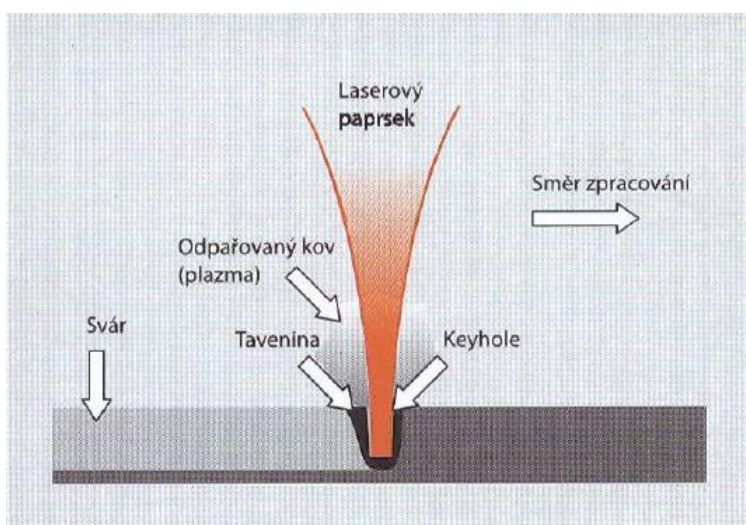
svařování může docházet k nalegování základního materiálu z povrchu elektrod, to způsobuje zhoršení kvality svarového spoje. Aby k tomuto jevu nedocházelo je nutné u bodového odporového svařování používat tvrdý režim svařování, při kterém je doba styku materiálu a elektrod co nejkratší a hodnota proudu co nejvyšší. Nejčastěji se tento způsob svařování uplatňuje v automobilovém a leteckém průmyslu. Příklady odporového svařování jsou na obrázku 17 a 18.



Obr. 18 Princip švového odporového svařování [21]

### 3.3 Svařování laserem [15], [16], [22], [23], [24]

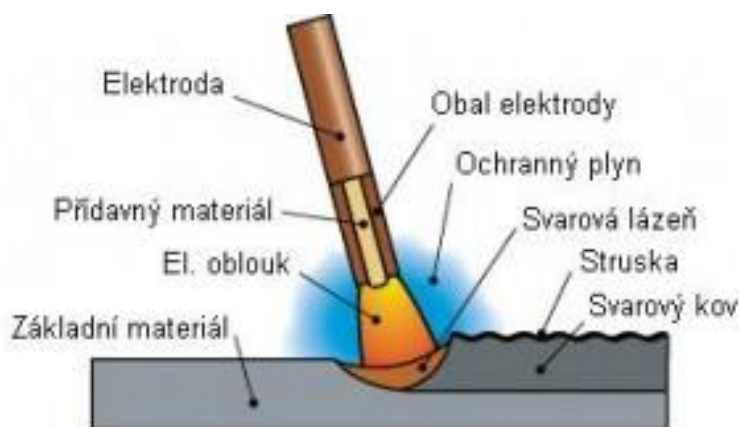
U tohoto způsobu svařování nastává problém s vysokou odrazivostí hliníku, proto je nezbytné použití laseru s vysokou energií, dále provést zdrsňení povrchu a případně natřít na povrch lak ke zmatnění. Hliník je ovšem touto metodou velmi dobře svařitelný. Mezi výhody laserového svařování se řadí vysoká kvalita svaru, vyšší hloubka průvaru, malá tepelně ovlivněná oblast, vysoká produktivita a vysoká stabilita procesu při vysokých svářecích rychlostech a oproti paprsku elektronů zde není třeba vakuové komory. Nevýhodou je ovšem vysoká pořizovací cena. Princip svařování pomocí laseru je na obrázku 19.



Obr. 19 Svařování metodou klíčové dírky (keyhole) [24]

### 3.4 Svařování obalenou elektrodou [2], [15], [19], [25]

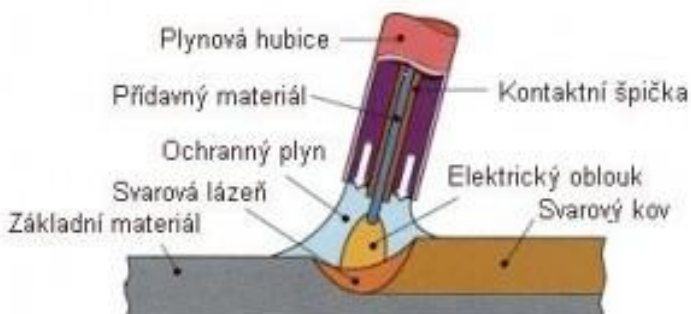
Ruční svařování hliníku obalovou elektrodou je velmi podobné jako svařování oceli, přes to ale nemá velké zastoupení ve výrobě, používá se spíše při opravách a údržbě. Na opravy se používají elektrody s jádrem Al 99,5 hm. % a slitiny AlSi5 a AlSi12. používané zdroje se nijak neliší od zdrojů používaných na svařování oceli, jsou také lépe dostupné než zdroje, které se používají při metodách s ochranou atmosférou. Oproti technologii svařování plamenem mají vyšší efektivnost a nižší tepelné ovlivnění materiálu. Obal elektrody má funkci ochranou (zamezuje přístupu vzduchu ke svarové lázni) a stabilizační (stabilizuje oblouk a vytváří strusku pro dobré formování svarové housenky), dále také obsahuje prvky, které rozpouští vrstvu oxidu na povrchu svařence. Princip metody je na obrázku 20.



Obr. 20 Princip svařování obalenou elektrodou [25]

### 3.5 Metoda MIG [2], [15], [19], [26], [27]

Jedná se o metodu svařování v ochranné atmosféře inertního plynu tavící se elektrodou, odtavující se elektroda je zároveň přídavným materiálem. Používá se pro plechy s tloušťkou větší než 2 mm. Přídavný materiál má průměr 0,8 až 6 mm a je namotán na cívce a je veden konstantní rychlostí pomocí podávacího mechanismu přes napájecí průvlek umístěný v hubici na konci hořáku do svarové lázně. S ohledem na velkou tepelnou roztažnost hliníku se doporučuje použití průvleků s většími průměry otvorů. Na kladný pól zdroje je připojen napájecí průvlek a na záporný pól je připojen základní materiál. Jako ochranný plyn se při této metodě používá argon a helium nebo jejich směsi. Hliník je měkký kov, proto bývá použit čtyřkladkovým podavačem, kladky mají profil s drážkou ve tvaru půlkruhu a bowdenem s teflonovou vložkou. Zdroj pro svařování plechů menších tlouštěk by měl být s pulzací. Většinou se hliník svařuje sprchovým přenosem, zkratový přenos má menší stabilitu.

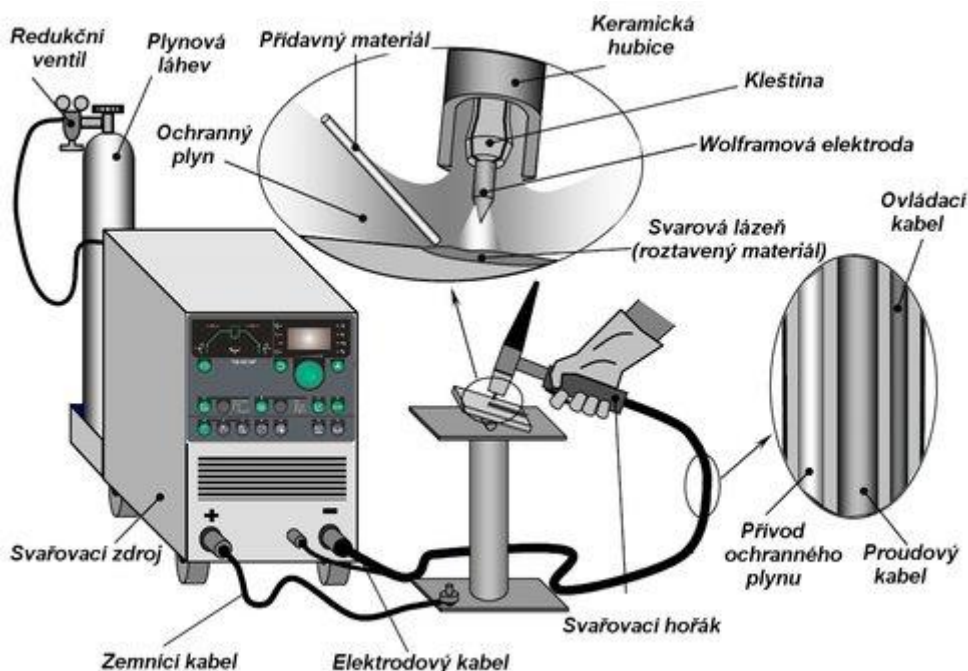


Obr. 21 Princip metody MIG [27]



### 3.6 Metoda TIG [2], [15], [28]

Tato metoda bude rozebrána detailněji, protože se týká následného experimentu. Jedná se o svařování netavící se wolframovou elektrodou v inertním plynu (německy WIG). Tato metoda je nejčastěji využívaným způsobem ke svařování technického hliníku a slitin hliníku v tloušťce 1 až 10 mm. Pro svařování vysokolegovaných ocelí, mědi, niklu, titanu, zirkonu a dalších se používá stejnosměrný proud, ten se netýká této práce a nebude dále řešen, pro svařování hliníku a hořčíku a jejich slitin se používá pouze střídavý nebo pulzní proud. Takto lze svařovat i rozdílné materiály, jako ocel s mědí, bronzem nebo niklem. Na obrázku 22 je sestava pro svařování metodou TIG.



Obr. 22 Sestava pro TIG svařování [28]

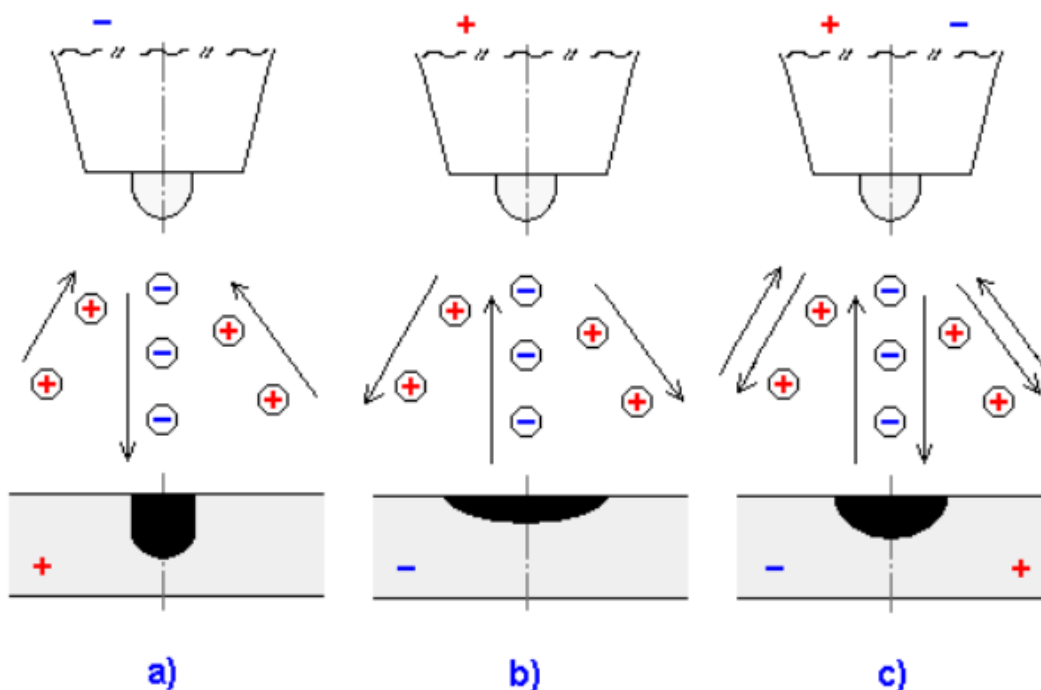
#### 3.6.1 Svařování střídavým proudem [26], [29], [30], [31]

Zařízení pro svařování střídavým proudem je složitější než pro stejnosměrný proud, ale většina komponentů je stejná. Zdroj je svařovací transformátor upravený na TIG svařování pomocí elektronických prvků, které mají zvýšit strmost statické charakteristiky. Stabilizátor je zdrojem vysokonapěťových impulsů s vysokou frekvencí, které jsou aktivní pouze v době, kdy má svařovací proud nulovou hodnotu (pomocná zápalná jednotka). Dnešní stabilizátory ale používají impulsní generátor s nízkou frekvencí. Baterie kondenzátoru má důležitou funkci, vyrovnává sinusový průběh, který je dán rozdílným ionizačním potenciálem hliníku a wolframu. Díky tomu se zlepšuje čistící efekt. Dále se zde nachází programátor, svařovací hořák, chladicí jednotka, ta zabezpečuje cirkulaci vody v systému a zásobník ochranného plynu s redukčním ventilem, jejich účelem je zabezpečení trvalého tlaku plynu s nastaveným průtokem. Tyto části jsou spojeny hadicemi a vodiči a tvoří jeden celek svařovacího zařízení.

Při svařování střídavým proudem dochází k periodickému střídání polarity, toto dovoluje využívat výhody jak přímé, tak nepřímé polarity, viz obr. 23 c). Přímá polarita nastává při zapojení elektrody k zápornému pólu zdroje, přibližně 1/3 tepla z oblouku jde do elektrody a 2/3 odchází do základního materiálu. Díky tomu má svarová lázeň velkou hloubku závaru a

elektroda není tepelně přetěžována, viz obr. 23 a). Nepřímá polarita má opačné zapojení a způsobí, že bude wolframová elektroda vystavena velkému přísunu tepla a tím pádem se může začít odtavovat. Toto zapojení se používá jenom výjimečně, při použití v praxi je nutné zajistit chlazení elektrody, závar u tohoto zapojení je malý, viz obr. 23 b).

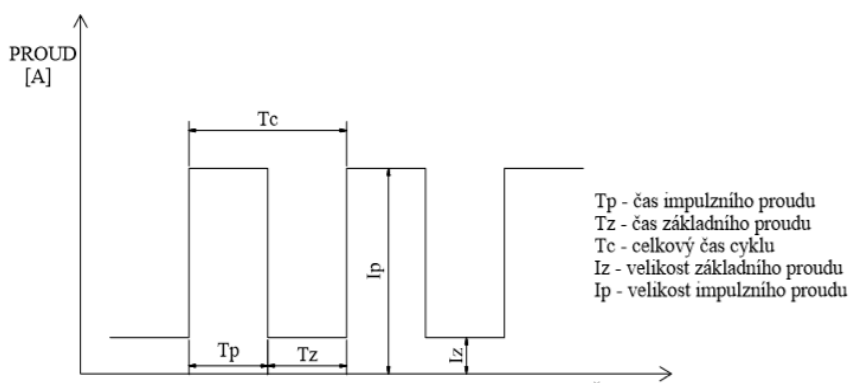
Střídání polarit se používá zejména pro svůj čistící účinek, jelikož je při svařování hliníku problém s vrstvou  $Al_2O_3$ , která se musí porušit, aby nezabraňovala metalurgickému spojení. Tento čistící efekt nastává při zapojení elektrody na kladný pól zdroje (nepřímá polarita), poté se na základním materiálu vytvoří nestabilní katodová skvrna, která se pohybuje po místech nejvíce pokrytých oxidy. Jelikož mají tato místa nižší energii pro emisi elektronů, tak se po zasažení katodovou skvrnou tyto oxidy snadněji odpaří. Další forma čistícího účinku je skryta v rozložení argonu na kladné ionty a elektrony, ionty s vysokou hmotností jsou urychleny směrem k tavné lázni a zde působí na oxidy mechanickým účinkem. Díky dynamickému účinku je stažena vrstva oxidu k okraji svarové lázně.



Obr. 23 Druhy polarity [30]

### 3.6.2 Svařování impulsním proudem [29]

Princípem tohoto druhu svařování je periodické střídání dvou proudových hladin, a to základního proudu a impulsního proudu, viz obr. 24. Hodnota základního proudu  $I_z$  je nízká (cca 10 – 15 A), základní proud zajišťuje ionizaci pouze v oblasti oblouku v čase  $T_z$ . Impulsní proud  $I_p$  působí v čase  $T_p$  a dochází při něm k natavení svarové



Obr. 24 Průběh svařování impulsním proudem [29]

lázně i přídavného materiálu. Doba trvání pulzu a velikost amplitudy určují rozměry svarové lázně. Je zde velice přesné dávkování vneseného tepla a tvarování svarové lázně. Tyto svary se vyznačují malou tepelně ovlivněnou oblastí, výbornými plastickými vlastnostmi a nižší náchylností k praskání.

### 3.6.3 Hořáky pro TIG svařování [29]

Jsou nejzatěžovanější součástí svařovací sestavy, musí zajistit přívod elektrického proudu k elektrodě, fixaci polohy elektrody, přívod a usměrnění ochranného plynu a chlazení. Do 150 A se používají hořák chlazené plynem, při proudu do 350 až 500 A jsou potřeba hořáky s vodním chlazením. Na hořáku jsou vyměnitelné kleštiny, které upínají a napájí wolframovou elektrodu. Plynové trysky usměrňují proudění plynu svařované oblasti, pro ruční hořáky, které jsou ochlazovány plynem se používají keramické trysky a při chlazení vodou je nutné použití kovových trysek (měděných a pochromovaných). Průměr trysky se volí podle plochy, kterou je potřeba ochránit, orientační průměry jsou uvedeny v tabulce 3.

Tab. 3 Doporučené průměry plynových trysek [29].

Proudový rozsah (A)	Průměry plynové trysky (mm)
Do 70	6 – 9
70 – 150	9 – 11
150 – 250	11 – 13
250 – 300	13 – 15
300 – 500	15 – 18

Často se používají plynové čočky, které pomáhají prodloužit laminární proudění plynu a tím usnadňují přístup ke svaru vysunutím elektrody (15 až 20 mm). Čočky mohou snížit množství ochranného plynu až o 50 %. Svařovací zařízení je vybaveno funkcí předfuku pro dosažení ideálního plynového prostředí, zapálení oblouku má zpoždění 2 až 5 sekund oproti počátku proudění plynu. Naproti tomu funkce dofuku má chránit svarový kov před oxidací a plyn proudí ještě 5 až 10 sekund po vypnutí proudu.

### 3.6.4 Netavící se elektrody [29], [32]

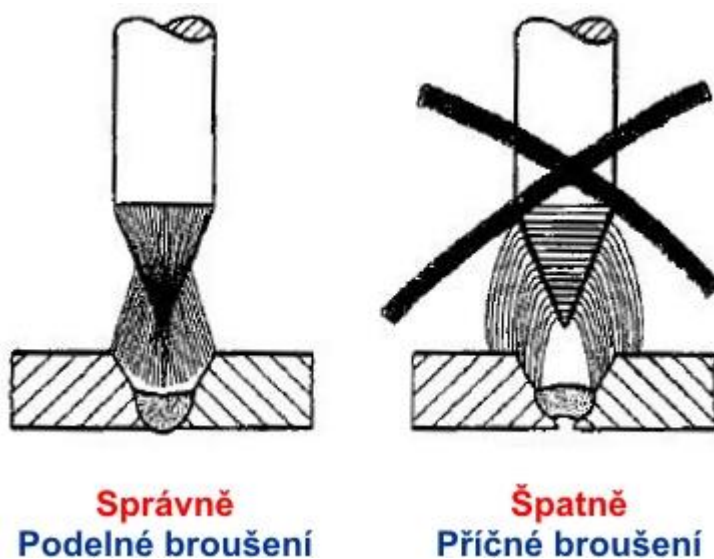
Elektrody se vyrábí ze spékaného wolframu, mohou být čistě bez příměsí o čistotě 99,9 % W, nebo s oxidy kovů (Th, La, Ce, Zr, Y), které jsou rovnoměrně rozptýleny v celé elektrodě. Oxidy zvyšují životnost a zlepšují stabilitu a zapalování oblouku.

Tab. 4 Přehled druhů vyráběných wolframových elektrod (ČSN EN ISO 6848 (052411)) [29].

Označení	Hmotnostní procento oxidů	Barevné označení
WP		Zelená
WT 10	ThO <sub>2</sub> 0,9 - 1,2	Žlutá
WT 20	ThO <sub>2</sub> 1,8 - 2,2	Červená
WT 30	ThO <sub>2</sub> 2,8 - 3,2	Fialová
WT 40	ThO <sub>2</sub> 3,8 - 4,2	Oranžová
WZ 8	ZrO <sub>2</sub> 0,7 - 0,9	Bílá
WL 10	LaO <sub>2</sub> 0,9 - 1,2	Červená
WC 20	CeO <sub>2</sub> 1,8 - 2,2	Šedá
WL 20	La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 1,8 - 2,2	Modrá
WS 2	Vzácné zeminy	Tyrkysová
WLYC 10	La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + CeO <sub>2</sub> 0,8 – 1,2	Zlatá



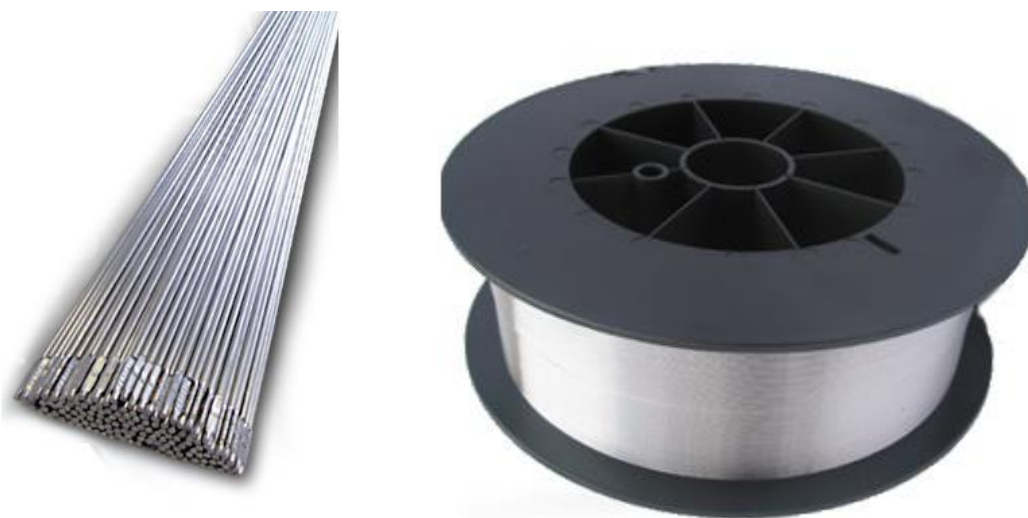
Při použití stejnosměrného proudu se funční konec elektrody prouší do tvaru kužele a vrchlový úhel je závislý na svařovacím proudu. U střídavého proudu se konec brousí do tupého konce. Při broušení je důležité orientovat elektrodu tak, aby vrypy byly v podélném směru, to zajišťuje, že oblouk hoří z konce elektrody, viz obr 25. Délka špičky by měla být asi 1,5 x průměr elektrody.



Obr. 25 Příklad špatného a správného broušení elektrod [32]

### 3.6.5 Přídavné materiály [29], [33], [34]

Jejich funkcí je doplnění objemu svarového kovu a zajištění zadaného tvaru svaru, zlepšení užitných vlastností svaru, dodání přísad na desoxidaci a odplynění, zlepšení formování svaru a smáčení ploch. Rozdělujeme je na svařovací tyčky a svařovací dráty. Tyčky mají kruhový průřez o průměru 1 až 4 mm a délku 1000 mm, viz obr 26. Dráty se používají pro mechanizované metody svařování, mají přesný kruhový průřez o průměru 0,6 až 1,6 mm a jsou navinuty nejčastěji na cívce s hmotností 7 kg, viz obr. 27.



Obr. 27 Přídavný materiál ve formě tyčky [33] Obr. 26 Přídavný materiál ve formě cívky [34]

### 3.6.6 Ochranné plyny [19], [29]

Používají se inertní plyny, které jsou netečné a nevyvolávají chemické reakce, plyny zajišťují ochranu svarové lázně a elektrody před okolním vzduchem a vytváří příhodné podmínky na zapálení oblouku a udržení jeho stability. Základním plynem je argon. Je to jednoatomový plyn, který se vyrábí destilací zkapalněného vzduchu. Argon má nízký ionizační potenciál a malou tepelnou vodivost, díky tomu se oblouk v argonu dobře zapaluje a stabilně hoří. Jako minimální čistota se doporučuje 99,9 % běžně se však používají čistoty 4.6 (99,996 % Ar) a 4.8 (99,998 % Ar). Argon lze použít pro ochranu všech svařitelných materiálů.

Dalším plynem je helium, jelikož je velice lehké, je pro dokonalou ochranu svarové lázně potřeba vyšší průtok, při použití helia se oblouk hůře zapaluje a je méně stabilní. Helium se používá hlavně ve směsi s Ar, tyto směsi se používají pro svařování materiálů větších tloušťek s vysokou tepelnou vodivostí (měď a hliník). Dále tyto směsi zvyšují hloubku závaru a rychlost svařování. Nejčastěji se používají kombinace 70 % Ar + 30 % He, 50 % Ar + 50 % He a 30 % Ar + 70 % He. Se zvyšujícím se množstvím helia roste napětí na oblouku a tepelný výkon oblouku, bohužel oblouk se hůř zapaluje a je méně stabilní.

Dále se používají směsi argonu s vodíkem, ten se ale u hliníku nepoužívá, protože zvyšuje pórovitost. Směsi s dusíkem se používají při svařování mědi a jejích slitin.

### 3.6.7 Výhody a použití [10], [29]

Výhody TIG svařování:

- ochrana svarové lázně před okolní atmosférou díky inertnímu plynu,
- čistý povrch svaru, nevzniká propal ani struska,
- velmi dobré formování svarové housenky i kořenu,
- stabilní elektrický oblouk v širokém rozsahu svařovacích proudů,
- možnost svařování ve všech polohách,
- sváry vysoké celistvosti s malou tepelně ovlivněnou oblastí a minimální deformací,
- snadná obsluha a přesná regulace parametrů, přesné dávkování množství tepla vneseného do svaru,
- oblouk je velmi flexibilní, tvar i směr lze ovládat magnetickým polem.

Tato metoda se používá pro svařování konstrukcí z vysokolegovaných ocelí pro chemický, farmaceutický, potravinářský a jadernou energetiku. Dále pro svařování žárupevné a žáruvzdorné oceli na výrobu kotlů, pecí a tepelných výměníků. Pro speciální slitiny titanu v leteckém a kosmickém průmyslu a pro svařování hliníkových slitin v dopravním sektoru i strojírenství.

Ve firmě IFE se používá metoda TIG i MIG, ale pro opravu pórů je lepší používat TIG, protože zde nedochází ke vzniku studených spojů, svářeč nejprve zapálí oblouk a až po vytvoření svarové lázně, ve které pór zcela zanikne, začne přidávat potřebné množství přídavného materiálu.

Tab. 5 Vady při svařování metodou TIG [29]

NÁZEV VADY	PŘÍČINA
Póry a bubliny ve svaru, oxidické vměstky	Nečistý ochranný plyn, znečistěný materiál, nedostatečná plynová ochrana, nesprávný postup svařování.
Vměstky ve svarovém kovu	Nalegování elektrody od přídavného materiálu.
Neprůvary v kořenu svaru.	Velká rychlost svařování, malá intenzita proudu, nevyhovující příprava svařovacích ploch.
Vruby ve svarovém spoji.	Velké množství argonu, velká intenzita proudu, přehřátý materiál.
Studený spoj	Velká rychlost svařování, velký průměr přídavného materiálu, nízký proud, nevhodná příprava ploch
Nečistý povrch sváru	Nečistý ochranný plyn, nalegovaná elektroda, nedostatečná ochrana, nečistoty na povrchu materiálu, nestabilní oblouk.
Protečený kořen svaru (krápník)	Velký svařovací proud, pomalá rychlost svařování, velká mezera mezi svařovanými materiály.
Vydutý kořen svaru	Velký průtok formovacího plynu
Vyosení svaru	Předcházející vrstva nesprávně uložena, ztráta orientace.
Nadměrné převýšení svaru	Malá rychlost svařování, velký průměr přídavného materiálu, nízký svařovací proud.

### 3.7 Tmelení [35], [36]

Použití tmelu je různé, používají se k opravám vad nebo jako výplň do spár mezi relativně vzdálenými plochami. Předností tmelu je změna skupenství z kapalného na tuhé za pomoci jednoduchých chemických procesů, změna objemu je při tomto procesu minimální. Tmely se od lepidel odlišují svou tuhostí, z hlediska zpracovatelnosti mohou být tmely tvárné, které si tuto vlastnost zachovávají i ve spáře a po vyndání mohou být znovu použity a tmely pastovité nebo tekuté, které po aplikaci ztvrdnou a není možné jejich další použití. Tmely se používají nejčastěji ve stavebním a strojírenském průmyslu.

#### 3.7.1 Rozdělení tmelů podle tuhnutí ve spoji [36]

Stejně jako u lepidel je možné tmely rozdělit podle tuhnutí ve spoji, nejpoužívanější jsou tmely reaktivní. Reaktivní tmely se dále dělí na:

- Silikonové jednosložkové lepidivé tmely vytvrzující se vlivem vlhkosti okolního prostředí: struktura těchto monomerů je pastovitá, při kontaktu s vlhkostí přecházejí do formy elastické pryže.
- Akrylátové jednosložkové lepidivé tmely vytvrzující se odpařováním a vsakováním vody: pastovitá hmota se začne vytvrzovat na houževnatou hmotu po odchodu přebytečné vody.
- Polyuretanové jednosložkové lepidivé tmely vytvrzující se vlivem vlhkosti prostředí: jsou k dostání ve formě pěny ve spreji, po vytvrzení mají dobrou adhezi, jsou odolné a mohou být povrchově upraveny.

- Polyakrylátové jednosložkové lepidlo vytvrzující se kontaktem s kovem v anaerobním prostředí: jedná se o pastové monomery, které se působením kovových iontů začnou měnit na plastickou hmotu.
- Epoxidové lepidlo a vytvrzovací tmely vytvrzující se po přidání tvrdidel: dvě i více složek se smíchá v předepsaném poměru, jedná se o epoxidové pryskyřice s různými plnivy.
- Polyesterové lepidlo a vytvrzovací tmely vytvrzující se po přidání tvrdidel: stejně jako v předchozí skupině se jedná o vícesložkové tmely, složky se smíchají v požadovaném poměru, složky jsou na bázi nenasyčených polyesterových pryskyřic s minerálním plnivem.
- Minerální lepidlo a vytvrzovací tmely: jedná se o práškové materiály, které jsou smíchány s vodou, například sádra.

Další skupinou jsou tmely, které se vytvrzují vsáknutím a odpařením rozpouštědel, z názvu je patrné, že tyto tmely budou prokazovat funkční vlastnosti po odpaření nebo vsáknutí vody či jiného rozpouštědla. Dělí se do čtyř skupin:

- Olejové vyrovnávací a lepidlo tmely: jsou nanášeny stěrkou ve formě tuhé pasty, používají se k vsazování skel do kovových rámců a k vyrovnání nerovností u dřeva.
- Nitrocelulózní vyrovnávací tmely: mají konzistenci polotuhé pasty, po aplikaci se značně smrští a používají se pro opravu karoserií.
- Disperzní lepidlo tmely: ve formě viskózní pasty, která se vytvrdí po vsáknutí a odpaření vody, vhodná k tmelení keramických obkladů.
- Suspenzní lepidlo, vyrovnávací a spárovací tmely: dodávané jako viskózní pasty nebo kapaliny, na bázi vodných asfaltových suspenzí, vhodné k izolaci.

Poslední skupinou jsou asfaltové tavné tmely, největší využití mají ve stavebním průmyslu při zalepování trhlin a spár, nebo jako spojovací materiál při lepení izolačních materiálů.

### 3.7.2 Přehled tmelů vhodných k tmelení kovů [35], [37], [38]

V této práci je problém se vzniklou porozitou řešen pomocí tmelu, který musí být vhodný pro tmelení hliníku a jeho slitin, proto je nutné vybrat správný tmel pro daný materiál. Tmely vhodné pro práci s kovy se dělí podle chemického složení do šesti skupin:

- Polyesterové tmely: tyto materiály mají univerzální využití, jsou vhodné na dřevo, kov, beton a jiné materiály, obsahují polyesterovou pryskyřici. Před použitím se musí tmel smíchat s katalyzátorem, zasychá většinou do 20 minut při normální teplotě.
- Olejový tmel: v případě nutnosti se dá rozředit ředidlem, nanáší se na kovy se základním nátěrem.
- Polyakrylátový tmel: základem je viskózní kapalina (pryskyřice), ta se smíchá s kovovým práškem, který je zároveň plnidlo i tvrdidlo. Tento druh tmelu má dobré mechanické i tepelné vlastnosti a využívá se při opravách odlitků nebo k nahrazení závitových spojů.
- Nitrocelulózní tmel: používá se pod nitrocelulózní emaily, jako základní vrstva k vyrovnání nerovností.
- Syntetický tmel: používá se pod nitrocelulózní, olejové či syntetické emaily, nanáší se na základní nátěr.
- Lihový tmel: je vhodný k utěsnění stejných součástí, tmel se nanese, nechá se 5–10 minut uschnout a pak se součásti spojí dohromady.

- Epoxidový tmel: právě tento druh tmelu byl zvolen pro pokus, dá se použít jak pro vyrovnání nerovností, tak pro lepení a těsnění. Podle druhu kovu se mění plnění základní epoxidové pryskyřice. Tyto tmely se vyznačují vysokou pevností v tlaku a výbornou odolností proti agresivním látkám, mohou být obráběny jako kov.

Pro experiment byl zvolen epoxidový dvousložkový tmel vhodný pro tmelení kovů, a to speciálně hliníku. Tmel by měl vyplnit prohlubně pórů s minimálním smrštěním. Po vytvrzení by měl tmel dokonale splynout se základním materiálem, aby po nalakování nebyly vidět žádné nerovnosti.

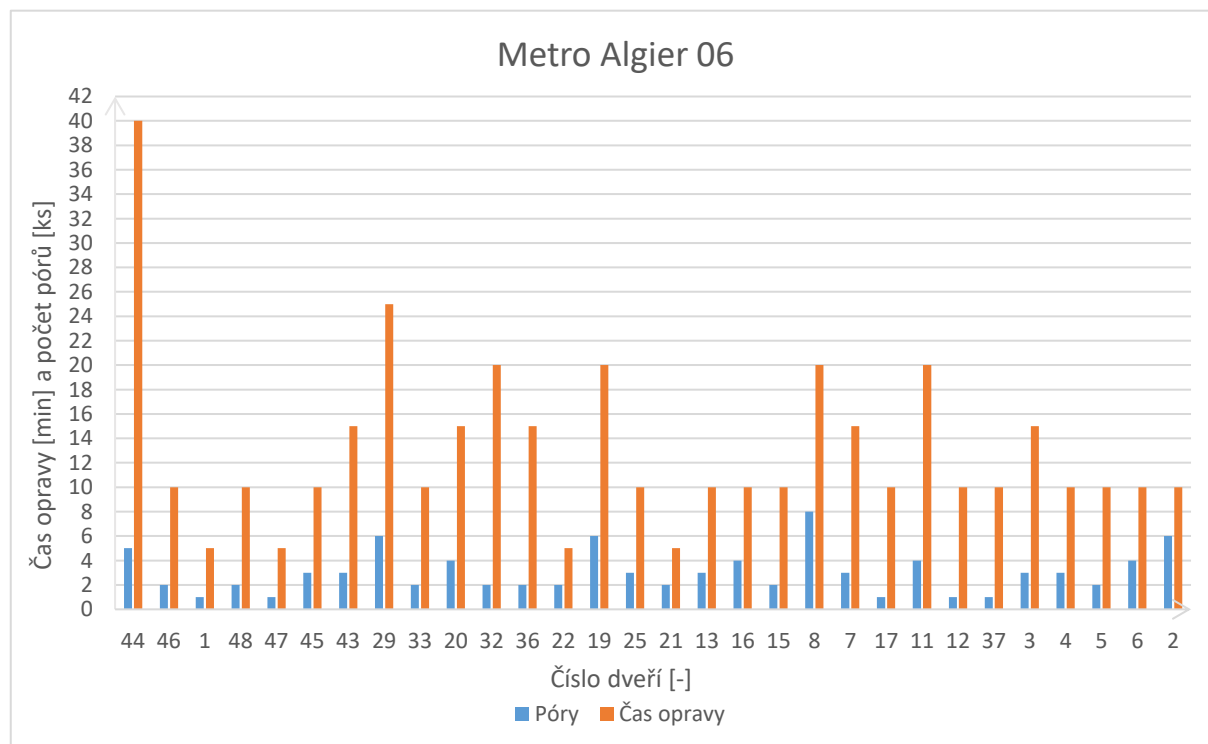
## 4 POSTUP OPRAVY SVAŘOVÁNÍM [10]

Dosud se všechny póry, které vznikly buď při odlévání nebo svařování, opravovali svařováním, a to konkrétně metodou TIG. Při použití této metody nedochází ke vzniku studených spojů a svářeč si nejdříve vytvoří svarovou lázeň a poté přidá přídavný materiál. Oprava probíhá podle parametrů uvedených v následující tabulce. Doba opravy každého póru závisí na velikosti vady a šikvosti svářeče, průměrně se pohybuje kolem 4 minut. Svařovací parametry jsou uvedeny v tabulce 6.

Tab. 6 Svařovací parametry podle WPS

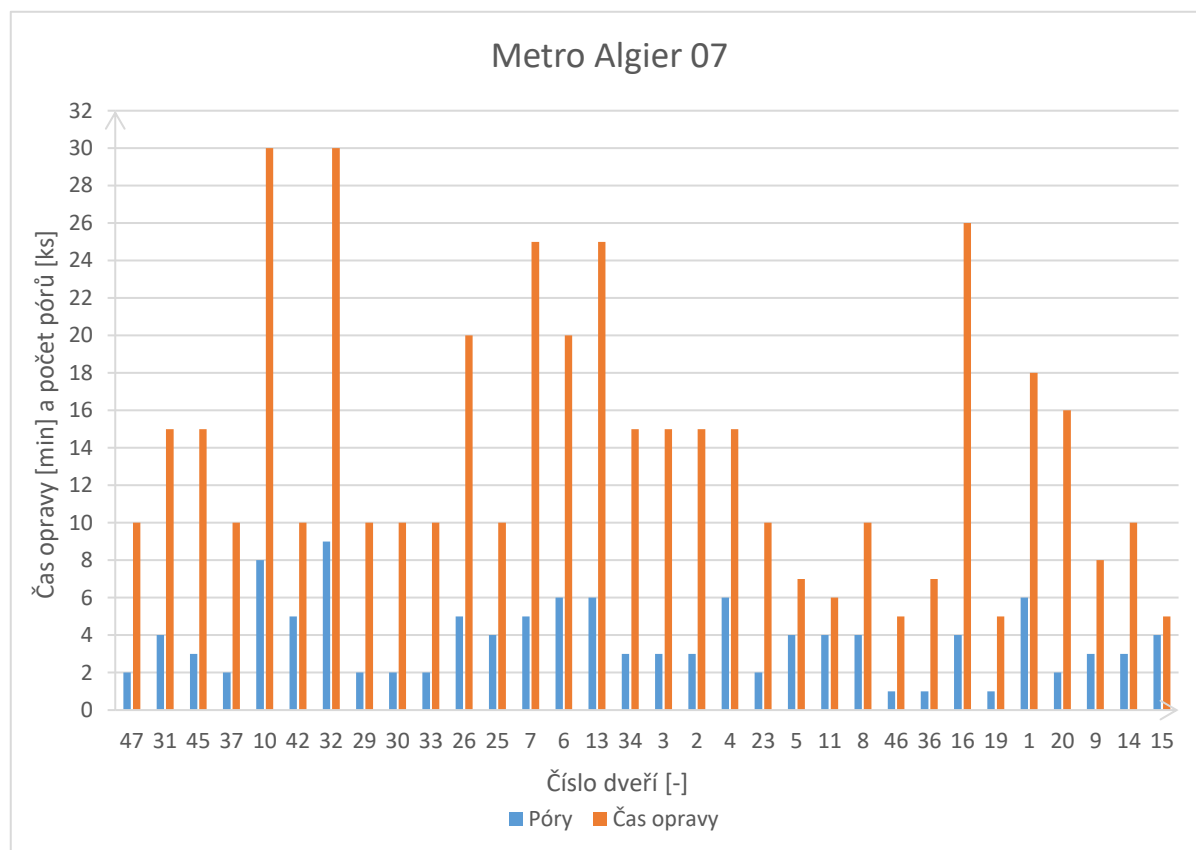
Parametr	Hodnota
Průměr přídavného materiálu	2,4 [mm]
Proud: Základ	190 A
Impuls	170 A
Rychlost svařování	25 [cm/min]
Vnesené teplo	3,76 [kJ/cm]
Přídavný materiál	S Al 4043 A (Al Si 5 (A))
Ochranný plyn	I3 - ArHe-30
Průtok ochranného plynu	13-15 [l/min]
Doba předfuku	1 [s]
Doba dofuku	3 [s]
Typ wolframové elektrody	WC 20

Pro srovnání byly vybrány dvě série dveří 06 a 07, každá série se skládá z 97 kusů dveří, tedy z počtu kusů potřebných na jednu soupravu metra. V sérii 06 byly póry objeveny na 30 kusech, celkově bylo odhaleno 92 pórů, oprava všech pórů trvala 390 minut, z toho vyplývá, že oprava jednoho póru u této série trvala 4,24 minuty. Z grafu 2 je možno vyčíst počet pórů na jednotlivých součástech i dobu opravy každé součásti.



Graf 2 Počet pórů a čas opravy pro sérii 06

Pro sérii 07 byl vytvořen stejný graf (viz graf 3), v této sadě bylo objeveno více pórů a to konkrétně 119, tato závada postihla 32 dílů. Doba opravy celé série zabrala 443 minuty a průměrná doba opravy jednoho póru byla 3,72 minut. Z grafu je patrné, že některé opravy trvají déle než jiné, to je dáno například umístěním póru, jeho velikostí, či zručností svářeče.



Graf 3 Počet pórů a čas opravy pro sérii 07

Z těchto dvou sérii je patrné, že přibližně na každé třetí součásti je vada v podobě póru. Jedná se spíše o samostatné póry než jejich shluky, počet pórů na součásti nepřesáhl ani v jedné sérii počet devíti kusů. Délka oprav jedné součásti nepřesáhla 40 minut, nejčastěji se doba opravy pohybovala mezi 10 až 15 minutami. Celková doba opravy byla u jedné série 6,5 hodin a u druhé 7,4 hodin, tyto časy nejsou zanedbatelné, a proto se hledala jiná možnost, která by nezabrala tolik času a práce. Jako vhodná alternativa se jeví oprava pomocí tmelu, tato metoda by měla snížit časy oprav a náklady.

## 5 POSTUP OPRAVY TMELENÍM

Jako alternativní způsob opravy bylo zvoleno tmelení, jako první bylo nutné vybrat vhodný typ tmelu, který má po vytvrzení minimální změnu objemu a u kterého nedochází ke smrštění, také musí mít dobrou smáčivost a přilnavost, aby dokonale vyplnil pór a nevznikal zde prostor pro tvorbu bublin. Součást po zatmelení a nalakování musí projít vizuální zkouškou.

### 5.1 Volba tmelu a příprava vzorku

Jako nejvhodnější typ tmelu se jeví epoxidový tmel s komerčním názvem LOCTITE EA 3479 (původní název je Hysol 3479), jedná se o dvousložkové lepidlo, které je plněno hliníkem skládá se z pryskyřice a tvrdidla, ty se mísí v hmotnostním poměru 1:1. Tento tmel je vhodný pro opravu nebo obnovení poničených součástí, jako jsou svařence, odlitky a trubky. Může být použit k vyplňování dutin, vyrovnávání povrchu, či k opravě těsnění trubek. Využití nachází v průmyslové údržbě. Doba zpracovatelnosti tmelu při 20 °C je 45 minut. Hodnoty typických fyzikálních a adhezních vlastností pro vytvrzený materiál jsou v tabulce 7, hodnoty jsou pro materiál, který byl vytvrzován po dobu 7 dní při teplotě 22 °C. Tmel získá funkční pevnost při teplotě 20 °C za 12 hodin, v případě 10 °C se doba prodlužuje na 24 hodin.

Tab. 7 Vlastnosti tmelu, příloha 4.

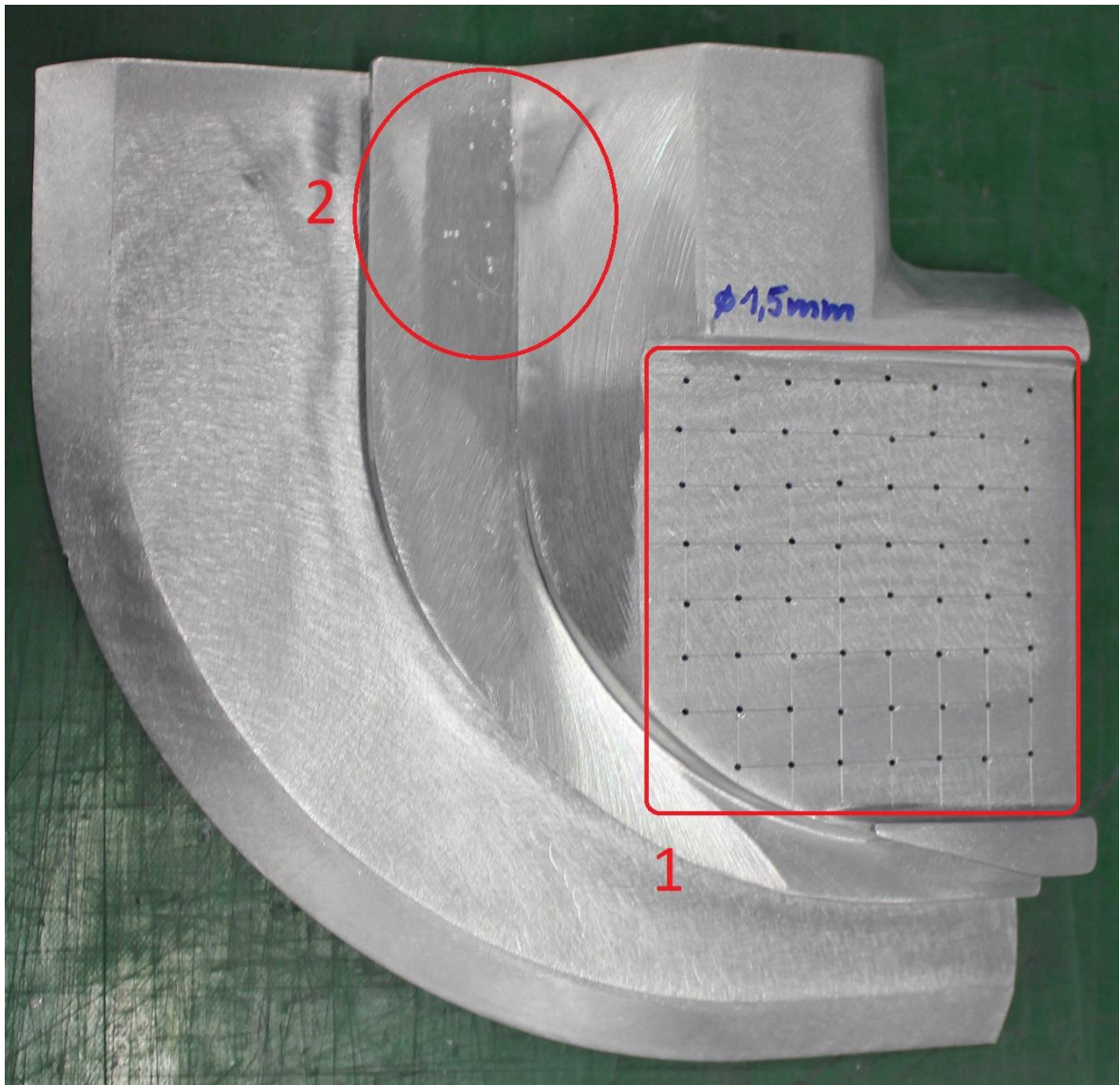
Vlastnosti vytvrzeného materiálu	Hodnoty
Tvrdost Shore, ISO 868, Tvrdoměr D	85
Lineární smrštění [%]	0,2
Pevnost v tahu [N.mm <sup>-2</sup> ]	60
Modul pevnosti v tahu [N.mm <sup>-2</sup> ]	6000
Pevnost při stlačení [N.mm <sup>-2</sup> ]	90
Pevnost ve smyku [N.mm <sup>-2</sup> ]	12

Tento tmel se, jako většina epoxidových pryskyřic, vyznačuje výbornou odolností proti většině kapalin a rozpouštědel. Vůči vodě a solnému roztoku je odolnost vysoká, některé povrchy ale mohou reagovat odbarvením. Výborná odolnost je i proti benzínu, ropným palivům a mazivům. Naproti tomu je tmel nevhodný pro prostředí s methanolem, acetonem nebo s methylethylketonem.

Pro dosažení optimálních výsledků je nutné nanášet tmel na suché, čisté a odmaštěné díly, každou složku je třeba důkladně promíchat nejprve zvlášť a potom dohromady. Při rozsáhlejším poškození je možné použít skelnou tkaninu jako podpůrný materiál. Tmel se dá použít i jako modelovací hmota, zde je nutné přidat vosk nebo tuk jako separátor, ten slouží k zabránění vzniku adheze k nevhodnému povrchu

Na obrázku 28 je vzorek použitý k experimentu, v oblasti 1 je vytvořen rastr s navrtanými dírami o průměru 1,5 mm, tyto umělé „póry“ byly vytvořené pro větší názornost, díky nim bude možné lépe vidět, zda se povedlo splynutí tmelu s materiálem. V oblasti 2 jsou odvrtné póry o průměru asi 1,5 mm a hloubce 1 – 2 mm, jedná se o původní porozitu vzniklou v důsledku výrobního procesu.





Obr. 28 Součást použitá na experiment

## 5.2 Provedení experimentu

Před nanesením tmelu bylo nutné vzorek nejprve zdrsnit pomocí netkaného rouna Scotch – brite, viz příloha 5. Po zdrsnění bylo nutné povrch odmastit, to proběhlo pomocí perenátoru AA404 od firmy illbruck, viz příloha 6. Poté následovala příprava tmelu, obě složky bylo před smícháním nutné dobře promíchat, poté byl odvážen hmotnostní díl každé složky, pro tento případ byl poměr pryskyřice a vytvrzovadla 1:1, viz obr 29. Po odvážení se obě složky smíchají, je důležité, aby byla směs dobře promíchána. Poté je směs nanesena špachtlí na součást, viz obr 30, v tomto případě se pro



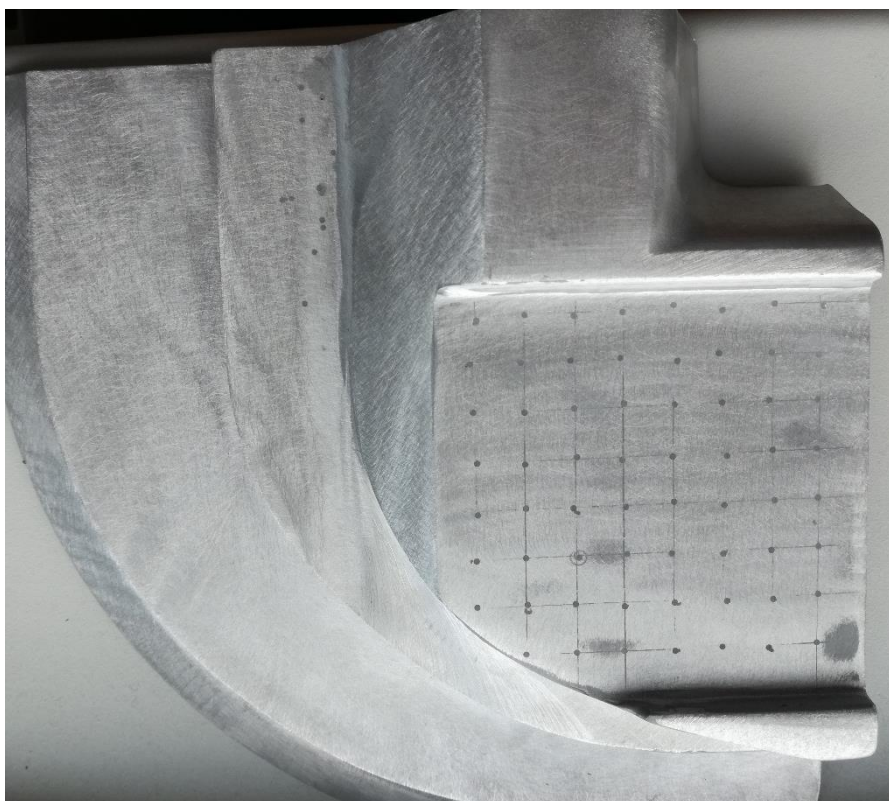
Obr. 29 Tmel před smícháním

vytvrzení použil lis, součást do něj byla umístěna na hodinu, při teplotě 130 °C. Po dostatečně dlouhém vytvrzení byla přebytečná vrstva tmelu zbrušena na základní materiál a povrch



připraven pro nanesení práškového laku, viz obr 31. Na součást se nanese práškový lak, poté se součást umístí do pece a zahřeje na teplotu tavení prášku, tloušťka laku je 300 mikronů.

Obr. 30 Součást po nanesení tmelu



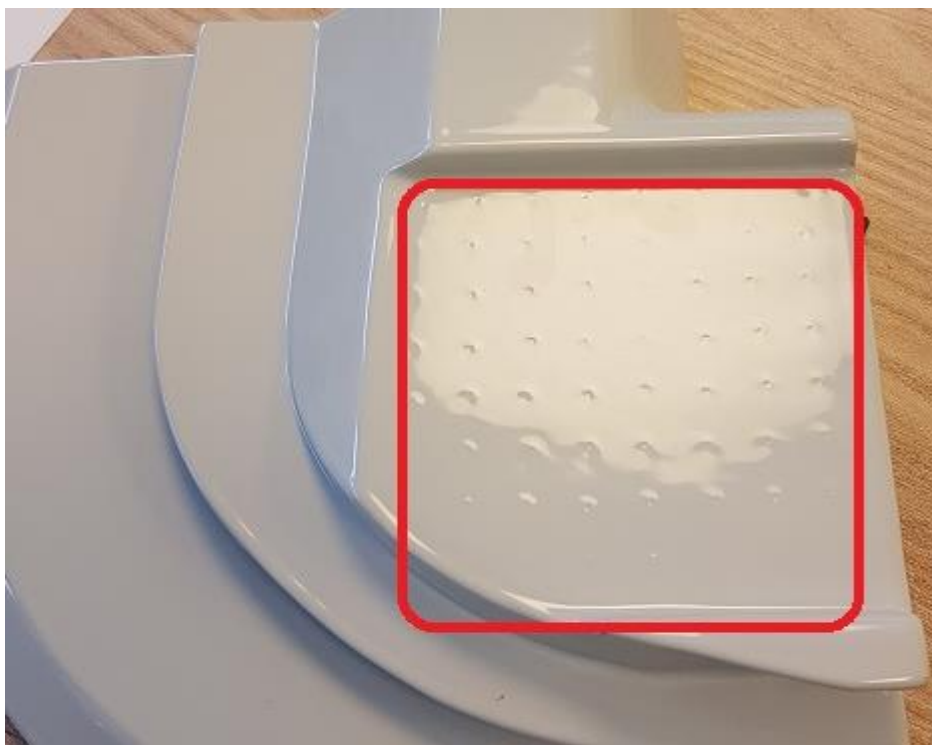
Obr. 31 Součást po zbrúšení

### 5.3 Zhodnocení

Tmel měl vydržet vysokou teplotu při lakování a splnit požadavek na vizuální kontrolu, Součást byla pokryta práškem a dána do pece, tmel jako takový vydržel vysokou teplotu, ale vizuální kontrolou neprošel, na součásti byly vidět stopy po tmelu, a to je pro předpisy nepřijatelné. Stopy po tmelení v oblasti původní porozity jsou na obrázku 32, na obrázku 33 je plocha uměle vytvořené porozity, na které je lépe vidět, že tmel nesplnil požadavek na vyrovnaní povrchu a vizuální kontrolu. Tmely navíc mohou vytvářet pohledové vady a nemusí mít standartní korozní odolnost.



Obr. 32 Původní porozita



Obr. 33 Uměle vytvořená porozita



## 6 ZÁVĚRY

Cílem práce bylo zhodnocení současného stavu vzniku pórů v hliníkových slitinách a následně navržení metody a postupu vhodného k opravě této vady ve firmě IFE. Porozita u hliníkových materiálů je zapříčiněna zejména vodíkem, jehož rozpustnost s vyšší teplotou roste a při ochlazování se rychle snižuje a vodík nad křivkou rozpustnosti nemá možnost se rozpustit, a proto vytvoří pór.

Na opravu pórů, které vzniknou při technologickém procesu výroby, například při odlití, nebo pórů, které vzniknou při svařování se ve firmě IFE používá metoda TIG, díky ní se vzniklé vady zavaří, tato metoda je ovšem časově náročná, a proto se v této práci hledala alternativní metoda opravy. Jako nejvhodnější se jevila metoda opravy tmelením, jako tmelící materiál byl vybrán epoxidový dvousložkový tmel. Na vybrané součásti se kromě původní porozity uměle vytvořil i rastr, aby byly výsledky experimentu lépe zřetelné. Povrch součásti byl zdrsňen a odmaštěn, poté se nanasle zvolený tmel a nechal se vytvrdnout. Následovalo obroušení přebytečné vrstvy tmelu. Poté byla součást pokryta lakovacím práškem a byla vložena do pece, následně byla zahřáta na teplotu tavení prášku a díky tomu vznikla souvislá vrstva laku.

Požadavky, které musela součást splnit byly vizuální kontrola a následné kontrolní testy. Podle vizuální kontroly nesměly být vidět žádné stopy po tmelu. Tuto podmínku se bohužel splnit nepovedlo, tmel po sobě zanechal zřetelné prohlubně, které neprošly vizuální kontrolou, navíc při opravě tmelem není možné garantovat stejnou korozivzdornost jako má základní slitina. Proto se musely provést interní testy zrychlených korozních zkoušek dle IFE metodiky (výsledky nebyly známy do data odevzdání této práce). Tento tmel je tedy ukázkou pro opravu porozity pro pohledové plochy nevhodný. Firma tedy prozatím zůstane i nadále u osvědčené metody oprav pomocí svařování.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ [39]

1. MICHNA, Štefan, et al. 2005. *Encyklopedie hliníku*. Děčín: Alcan Děčín Extrusions, 700 s. ISBN 80-89041-88-4.
2. KOUTNÝ, Jiří Ing. *Hliníkové materiály a možnosti jejich svařování* [online]. 2006. [cit.2018-03-03]. Dostupné z: <http://www.ews.cz/files/servis/hlinik.pdf>
3. Mince. *DRAKKARIA* [online]. [cit. 2018-03-03]. Dostupné z: <https://www.drakkaria.cz/numismatika/stredovek-mince/cechy-vaclav-ii-prazsky-gros-hlinikova-replika-mince.html/>
- 4.. Hliníkové plechovky. *ENVIREGION* [online]. [cit. 2018-03-03]. Dostupné z: [http://enviregion.pf.ujep.cz/inter\\_uc/1st/main.php?kap=a9p&iddata=002](http://enviregion.pf.ujep.cz/inter_uc/1st/main.php?kap=a9p&iddata=002)
5. Kostra automobilu. *AUTOMOTOSPECIÁL* [online]. [cit. 2018-03-03]. Dostupné z: <https://www.automotospecial.cz/technika/audi/a2013-vyroci-hliniku-asf/>
6. Výtažek. *MMSPEKTRUM* [online]. [cit. 2018-03-03] Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/cena-red-dot.html>
7. Firma IFE. *IFE* [online]. [cit. 2018-03-03]. Dostupné z: <http://www.ife.cz>
8. ČSN EN ISO 10042. *Svařování - Svarové spoje hliníku a jeho slitin zhotovené obloukovým svařováním - Určování stupňů jakosti*. Praha: Český normalizační institut, 2006, 28 s.
9. *Dokumenty a informace z firmy IFE*.
10. CAGALA, Michal a Petr LICHÝ. *Mechanické a plastické vlastnosti slitiny AlSi7Mg0,3 při zvýšených teplotách* [online]. 2009 [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: [http://www.rgu.cz/download/holecek2009/06\\_prednaska.pdf](http://www.rgu.cz/download/holecek2009/06_prednaska.pdf)
11. CAIS, Jaromír, Jaroslava SVOBODOVÁ a Nataša NÁPRSTKOVÁ. *Modifikace slitiny AlSi7Mg0,3 stronciem* [online]. 2013. [cit. 2018-04-08]. s. 43. Dostupné z: [http://dspace.upce.cz/bitstream/handle/10195/54197/CaisJ\\_ModifikaceSlitiny\\_2013.pdf?sequence=1](http://dspace.upce.cz/bitstream/handle/10195/54197/CaisJ_ModifikaceSlitiny_2013.pdf?sequence=1)
12. *Hodnocení kvality svarového spoje* [online]. [cit. 2018-04-08]. s. 9. Dostupné z: <http://u12133.fs.cvut.cz/assets/subject/files/104/def-kontrola-sv.pdf>
13. Surový hliník. *LEMETCO* [online]. [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <http://www.lemetco.de/index.php/aluminium-58.html>
14. Svařování kolejnic. *CHT-PCE* [online]. [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <https://www.cht-pce.cz/svarovani/svarovani-kolejnic/>
15. *Materiály a jejich svařitelnost: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů*. 2., upr. vyd. Ostrava: ZEROSS, 2001. ISBN 80-85771-85-3.
16. ČESKÁ SVÁŘEČSKÁ SPOLEČNOST ANB, *Materiály a jejich chování při svařování*. 2016. Ostrava, 404 s.
17. Vrstva oxidu hlinitého. *CWS-ANB* [online]. [cit. 2018-04-19]. Dostupné z: <http://www.cws-anb.cz/t.py?t=2&i=502>
18. ROUČKA, Jaromír. *Metalurgie neželezných kovů*. Vysoké učení technické - Fakulta strojního inženýrství, Brno: CERM, 2004, 144 s.
19. HÁJEK, Jaroslav. 2014. Hliník a možnosti jeho svařování. *KONSTRUKCE* [online]. [cit. 2018-04-19]. Dostupné z: <http://www.konstrukce.cz/clanek/hlinik-a-moznosti-jeho-svarovani/>
20. Odporové svařování. *BATIMA* [online]. [cit. 2018-04-25]. Dostupné z: <http://www.batima.cz/odporove-svarovani>

21. Švové svařování. *ROCKWELD* [online]. [cit. 2018-04-25]. Dostupné z: <http://www.rockweld.cz/svove-svarovani/>
22. KOŘÁN, Pavel. Seriál na téma lasery - Laserové svařování I. *LAO* [online]. 2013 [cit. 2018-04-25]. Dostupné z: <http://www.lao.cz/lao-info-49/serial-na-tema-lasery---laserove-svarovani-i-laser-welding-134>
23. KOŘÁN, Pavel. *MMSPEKTRUM* [online]. 2009/10. 2009 [cit. 2018-04-25]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/posledni-trendy-ve-svarovani-laserem.html>
24. Svařování laserem. *DKSTYL* [online]. [cit. 2018-04-25]. Dostupné z: <http://www.dkstyl.com/svareni-laserem.php>
25. Svařování obalenou elektrodou. *SCHINKMANN* [online]. [cit. 2018-04-25]. Dostupné z: <https://www.schinkmann.cz/mma-rucne-obalenou-elektrodou>
26. SIGMUND, Marián. *Svařování TIG - MIG - MAG*. Vysoké učení technické Brno - Fakulta strojírenské technologie.
27. MIG technologie. *SCHINKMANN* [online]. [cit. 2018-04-25]. Dostupné z: <https://www.schinkmann.cz/mig-mag-co2>
28. Sestava pro TIG svařování. *AUTOMIG* [online]. [cit. 2018-04-25]. Dostupné z: <http://automig.cz/o-svarovani/metody/tig-wig-plasmatig/>
29. *Technologie svařování a zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů*. 2001. Ostrava: ZEROSS. Svařování.
30. *TIG svařování II* [online]. 2009 [cit. 2018-04-29]. Dostupné z: <https://www.svarbazar.cz/phprs/view.php?cislocianku=2008122801>
31. *TIG svařování I* [online]. 2009 [cit. 2018-04-29]. Dostupné z: <https://www.svarbazar.cz/phprs/view.php?cislocianku=2008011702>
32. Broušení wolframových elektrod. *SVARECKY-ELEKTRODY* [online]. [cit. 2018-04-29]. Dostupné z: <https://www.svarecky-elektrody.cz/brouseni-wolframovych-elektrod/t-38/t-123>
33. Přídavný materiál, tyčka. *SVARUJEME* [online]. [cit. 2018-04-29]. Dostupné z: <https://www.svarujte.cz/765-hlinik-tig-almg5-er5356-2-0mm>
34. Přídavný materiál, cívka. *SVARUJEME* [online]. [cit. 2018-04-29]. Dostupné z: <https://www.svarujte.cz/764-hlinik-mig-almg5-er5356-1-2mm-civka-7kg>
35. ŠKEŘÍK, Jan. *Lepíme, tmelíme, lakujeme*. Ilustroval Karel MÍŠEK. Praha: Albatros, 1984. ISBN 13-765-84
36. POKORNÝ, Jiří. *Lepení a tmelení v dílně i domácnosti*. Praha: Grada, 2000. Profi & hobby, 57. ISBN 80-7169-857-1.
37. OSTEN, Miloš a Josef MLEZIVA. *Práce s lepidly a tmely*. Praha: Grada, 1996. Profi & hobby. ISBN 80-7169-338-3.
38. *Jaký vybrat tekutý kov* [online]. 2015. [cit. 2018-05-03]. Dostupné z: <https://www.lepidlatmely.cz/poradna/jaky-vybrat-tekuty-kov/>
39. CITACE PRO. *Generátor citací* [online]. 2013 [cit. 2018-05-03]. Dostupné z: <http://citace.lib.vutbr.cz/info>

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Označení	Legenda	Jednotka
Al	Hliník	[-]
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Oxid hlinitý	[-]
Al-Cu	Slitina hliníku a mědi	[-]
Al-Cu-Si	Slitina hliníku, mědi a křemíku	[-]
Al-Mg	Slitina hliníku a hořčíku	[-]
Al-Si	Slitina hliníku a křemíku	[-]
AlSi7Mg0,3	Slitina hliníku, křemíku 7 % a hořčíku 0,3 %	[-]
Al-Sn	Slitina hliníku a cínu	[-]
Al-Zn-Mg	Slitina hliníku, zinku a hořčíku	[-]
Ar	Argon	[-]
Ce	Cer	[-]
CeO <sub>2</sub>	Oxid ceričitý	[-]
CO	Oxid uhličitý	[-]
Cr	Chrom	[-]
Cu	Měď	[-]
Fe	Železo	[-]
He	Helium	[-]
La	Lanthan	[-]
LaO <sub>2</sub>	Oxid lanthaničitý	[-]
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Oxid lanthanitý	[-]
MIG	Metal Inert Gas	[-]
Mg	Hořčík	[-]
Mg <sub>2</sub> Si	Silicid hořečnatý	[-]
Mn	Mangan	[-]
Ni	Nikl	[-]
Si	Křemík	[-]
TIG	Tungsten Inert Gas	[-]
Ti	Titan	[-]
Th	Thorium	[-]
ThO <sub>2</sub>	Oxid thoričitý	[-]
W	Wolfram	[-]
WIG	Wolfram-Inertgasschweißen	[-]
Y	Yttrium	[-]
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Oxid yttritý	[-]
ZM	Základní materiál	[-]
Zn	Zinek	[-]
Zr	Zirkonium	[-]
ZrO <sub>2</sub>	Oxid zirkoničitý	[-]



## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Příklady použití hliníku [3], [4], [5], [6].....	10
Obr. 2 Pobočky firmy IFE ve světě [7].....	11
Obr. 3 Posuvné dveře [7] .....	11
Obr. 4 Předsuvné dveře [7] .....	11
Obr. 5 Příklad porozity na součásti.....	12
Obr. 6 Rozměry součásti.....	13
Obr. 7 Rám dveří .....	14
Obr. 8 Rám po navaření .....	14
Obr. 9 Příklady hliníkových ingotů [13].....	15
Obr. 10 Svařování kolejnic [14] .....	16
Obr. 11 Rozdělení hliníkových slitin z hlediska tepelného zpracování [1] .....	16
Obr. 12 Chování vrstvy $Al_2O_3$ [17] .....	18
Obr. 13 Typy porozity [18].....	21
Obr. 14 Závislost velikosti pórů na rychlosti ochlazování [18].....	22
Obr. 15 Vliv porozity na tažnost a pevnost v tahu [18] .....	22
Obr. 16 Neutrální a redukční plamen [19].....	23
Obr. 17 Bodové svařování [20].....	23
Obr. 18 Princip švového odporového svařování [21] .....	24
Obr. 19 Svařování metodou klíčové dírky (keyhole) [24].....	24
Obr. 20 Princip svařování obalenou elektrodou [25].....	25
Obr. 21 Princip metody MIG [27] .....	25
Obr. 22 Sestava pro TIG svařování [28].....	26
Obr. 23 Druhy polarity [30].....	27
Obr. 24 Průběh svařování impulzním proudem [29] .....	27
Obr. 25 Příklad špatného a správného broušení elektrod [32].....	29
Obr. 26 Přídavný materiál ve formě cívky [34].....	29
Obr. 27 Přídavný materiál ve formě tyčky [33].....	29
Obr. 28 Součást použitá na experiment .....	37
Obr. 29 Tmel před smícháním .....	37
Obr. 30 Součást po nanesení tmelu.....	38
Obr. 31 Součást po zbroušení .....	38
Obr. 32 Původní porozita.....	39
Obr. 33 Uměle vytvořená porozita .....	39

## SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Chemická analýza slitiny AlSi7Mg0,3 [9]. .....	13
Tab. 2 Porovnání vlastností hliníku a oceli [1]. .....	15
Tab. 3 Doporučené průměry plynových trysek [29]. .....	28
Tab. 4 Přehled druhů vyráběných wolframových elektrod [29]. .....	28
Tab. 5 Vady při svařování metodou TIG [29] .....	31
Tab. 6 Svařovací parametry podle WPS .....	34
Tab. 7 Vlastnosti tmelu, příloha 4. ....	36

## **SEZNAM PŘÍLOH**

- Příloha 1 Certifikát EN 1585-2
- Příloha 2 Certifikát o shodě
- Příloha 3 Výkres součásti
- Příloha 4 Technické údaje tmelu
- Příloha 5 Údaje o Scotch – brite
- Příloha 6 Údaje o perenátoru

# CERTIFICATE

## Welding of railway vehicles and components according to EN 15085-2

This is to certify that **IFE-CR, a.s**

**Evropská 839  
664 42 Modrice  
CZECH REPUBLIC**

is qualified to perform welding work within the range of certification of:

**Certification level CL1 according to EN 15085-2**

**Field of application:** • New construction of assemblies and components for rail vehicles  
• parts: entrance systems and aluminium frames for door leaves

### Range of certification

Welding process according to EN ISO 4063	Material group according to CEN ISO/TR 15608	Dimensions	Comments
131	23, 24 23, 24	t = 2 - 6 mm t = 3 - 6 mm	BW FW
141	24 23	t = 2 - 6 mm t = 2 - 20 mm	BW, FW (t = 3,0 - 6,0 mm) BW, FW (t = 2,0 - 6,0 mm)

**Responsible welding coordinator:** Dipl.-Ing. Vratislav Chaloupka (IWE) born: 1981

**Deputy with equal rights:** Petr Uttendorfsky (IWE) born: 1984

**Deputy:** see reverse

**Certificate no.:** ZE-16083-01-00-EN15085-2016.0259.002

**Register number:** DVSZERT/15085/CL1/259/0A1/16

**Valid:** from 01.08.2017 to 07.08.2019

**Issued on:** 01.08.2017

**Auditor:** Flégl  
General regulations (see reverse)

---

Gurschke  
Head of certification body

Certificate no.: ZE-16083-01-00-EN15085-2016.0259.002

### **Comments:**

welding in another workshop:

IFE-CR, a.s., Evropská 871, 664 42 Modrice, Czech Republic

### **Additional deputies:**

- Martin Dulik (Level C) born: 1989
- Lukás Kacor (IWS) born: 1986
- Dipl.-Ing. Radka Nachvátalová (IWS) born: 1987
- Michal Reznik (IWT) born: 1984
- Antonin Samohyl (IWS) born: 1977
- Jíří Sebetovsky (IWS) born: 1969
- Ladislav Zemánek (IWS) born: 1978

## **General regulations**

according to EN 15085-2

### **Revocation of the Certificate**

The national safety authority or the manufacturer certification body issuing this certificate may revoke the certificate if:

- there are justified doubts as to the proper execution of the welding work according to the stated standards,
- there are justified doubts as to the proper welding coordination according to the stated standards,
- no recognized welding coordinator is available any longer,
- no valid qualification test certificates for the welders and welding operators according to the specified standards are available,
- welders or welding operators without tested qualifications have been entrusted with the execution of welding work under the stated standards,
- other conditions according to the stated standards are no longer satisfied,
- the manufacturer certification body was refused an opportunity to perform the annual verification,
- the welding manufacturer waives the certificate

The welding manufacturer shall acknowledge the revocation in writing to the manufacturer certification body. The manufacturer certification body shall notify the national safety authority.

If a valid certificate is to be renewed, the renewal must be applied for with the manufacturer certification body at least **two months** before the end of the period of validity of the current certificate.

### **Distribution list:**

1. Applicant (original)
2. Files

	<b>CERTIFIKÁT O SHODĚ</b> <b>CERTIFICATE OF CONFORMANCE</b> <b>ABNAHMEPRUFZEUGNIS</b> <b>TEST CERTIFICATE</b> <b>3.1. dle/acc.to/nach EN10204</b>	Certifikát č. Certificate No. Zertifikat Nr. <b>1169/17</b>

Zákazník Customer Besteller	IFE	Objednávka č. Purchase order No. Bestellung Nr.	<b>4501831184-121</b>
Název výrobku Product name Gegenstand	CORNER GUSSET	Číslo výrobku Product No. Artikelnummer:	<b>3TD03307R03 23-01-011-I-194</b>
Materiál Material Werkstoff	EN 1706 AC 42100	Číslo tavby Melt No. Schmelze Nr.	<b>951/17</b>
Revize Revision	2	Dodací list Bill of deliver Lieferschein	<b>L017/57684</b>

### Výsledky zkoušení /Test results/Ergebnis der Prüfungen

Počet kusů No. of pcs Stuckzahl	Tavba č. Melt No. Schmelze Nr.	Smluvní mez kluzu - Rp0,2 Yield point Streckgrenze (MPa)	Pevnost v tahu Tensile strength Zugfestigkeit (MPa)	Tažnost Elongation Dehnung: (%)	Hmotnost Weight Gewicht	Tvrdość Hardness Hartung (HB)
3 VZORKY	951/17-57782				590g	67 HB

### Chemická analýza/Chemical analysis/Chemische analyse

Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Ti	Al		
6,59	0,107	0,012	0,023	0,434	0,0019	0,0004	0,0093	0,135	92,7		

Další Zkoušky Other Testing Records/Anderes test	Číslo protokolu-certifikátu Protokol -Certificate No./Nr.:	Číslo specifikace Specification No./Nr.:	Poznámka Note/Nota
Rozměrová zkouška/Dimensional Inspection/Dimensions kontrolle	M-951-17-011-I-194	-	
Tahová zkouška /Tensile test	T-951-17-011-I-194	-	
Zkouška tvrdosti /Hardness test	-	IFE N401113R33	67 HB
Penetrační zkouška Penetration test/Penetration	-	-	
Rentgenová zkouška/X-Ray test/RTG	-	-	
Makrový brus/Macro cut /Schliffbild	-	-	
Chemická analýza/ Chemical analysis/Chemische Analyse	951/17	EN 1706 AC 42100	
Jiné/Other/Andere:	-	-	

Chemická analýza materiálu /Chemische Analyse / Chemical analysis of Material – Emission Spectrometer –SPECTROMAXX.

*Cz: Potvrzujeme, že výrobky byly kontrolovány podle výše uvedeného výkresu, schváleného etalonu a jejich vlastnosti odpovídají vzájemně odsouhlaseným výrobním podkladům.*

*En: We certify that all parts shipped under the purchase order listed above conform to all applicable drawings, material and process specification and all purchase order requirements have been met.*

*De: Wir bestätigen, dass die Produkte nach der o.g. Zeichnung und dem freigegebenen Etalon überprüft wurden und ihre Eigenschaften den gegenseitig abgestimmten Produktionsunterlagen entsprechen.*

*Firma je držitelem  
certifikátů /  
Company is holder of  
certificates/  
Die Firma ist der  
Zertifikatenbesitzer  
ISO 9001  
AS 9100*

Výsledek Result/Anmerkungen	Vyhovuje* OK / Entspricht	<del>Nevyhovuje* NOK / Nicht Entspricht</del>
Datum/Date V /in/in:	11.7.2017 Uherské Hradiště	Podpis kvality Quality signature / Qualität

MESIT foundry, a.s.  
KONTROLA KVALITY - 01



Sender:

Supplier: MESIT foundry, a.s.

Street: Sokolovska 573

Country: CZ Postal Code: 68601 Town: Uherske Hradiste

Recipient:

Customer: Knorr Bremse Division IFE

Street: Evropská 839

Country: CZ Postal Code: 66442 Town: Modrice

- Report of production and process approval report
- Documents with Special Archiving (DwSpA)
- Submission level 2
  - Sampling
    - New part
    - Product change (specification change)
    - Production transfer
    - Change of production process
    - Long production pause (QMDP)
    - Tool change / tool offset
    - Changed of purchased parts
    - Change of supplier
    - Other
    - Re-Sampling
  - Initial sampling
  - Other sample report

**Annex / Reference**

<input checked="" type="checkbox"/> 01 Dimensional Inspection	<input type="checkbox"/> 09 EMC Inspection	<input type="checkbox"/> 17 List of Inspection and Test Equipment
<input checked="" type="checkbox"/> 02 Function Test	<input type="checkbox"/> 10 Reliability Tests	<input type="checkbox"/> 18 Measurement System Analysis
<input checked="" type="checkbox"/> 03 Material Testing	<input type="checkbox"/> 11 Design-FMEA	<input type="checkbox"/> 19 EU-Safety Data Sheet
<input type="checkbox"/> 04 Haptics	<input type="checkbox"/> 12 Design Approval	<input checked="" type="checkbox"/> 20 Material data sheet
<input type="checkbox"/> 05 Acoustic	<input type="checkbox"/> 13 Process-FMEA	<input type="checkbox"/> 21 Transportation / Packaging
<input type="checkbox"/> 06 Odors	<input type="checkbox"/> 14 Process Flow Chart	<input checked="" type="checkbox"/> 22 Certificates
<input type="checkbox"/> 07 Appearance	<input type="checkbox"/> 15 Control plan	<input type="checkbox"/> 23 Process Release
<input type="checkbox"/> 08 Surface Inspection	<input type="checkbox"/> 16 Process Capability Evidence	<input type="checkbox"/> 24 Branding (Part, Document, Packaging)

<b>Supplier/ Production location:</b>	<b>Customer:</b>	Change index:
Identification number / DUNS-Code: 310672	Identification number:	
Report No.: 1169/17	Revision: 2	Report No.: Revision:
Part Name: CORNER GUSSET	Part Name:	
Subject number: 3TD03307R03 / (11-I-194)	Subject number:	
Drawing Number: TD03307R03	Drawing Number:	
Status / date: 2/12.05.17	Status / date:	
Delivery note no. / Date: 13.7.2017	Incoming Goods No. / Date:	
Quantity delivered: 3	Purchase Order No. / date:	
Batch number: 951/17	Delivery Destination:	
Sample weight: 590g		

**Supplier Confirmation:**

Name: Ing. Kučera	Comment:
Department: quality department	slévárna MESIT foundry, a.s.
Telephone: +420 724 305 192	KONTROLA KVALITY-01
Fax: +420 572 522 669	
E-mail: tomas.kucera@mesit.cz	
Date: 13.7.2017	Signature: 

<b>Customer Decision</b>	<b>overall</b>	<b>Decision according to Appendix:</b>																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Approved	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conditionally approved, re-sampling required	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rejected, re-sampling required	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Deviation Concession no.:	Valid until:	Quantity for Re-sampling:										Deadline for Re-sampling:													
Return delivery note no. / date:																									

Name:	Comment:
Department:	
Telephone:	
Fax:	
E-mail:	
Date:	Signature:





Protokol o zkoušce  
Tahová zkouška  
Report of measuring  
Tensile test

Protokol č./Record No.:  
T-951-17-011-I-194

Dle/According to:  
ČSN EN10002-1

Počet listů/ Number of pages: 1  
List/Page: 1

Zákazník: <i>Customer</i>	IFE	Materiál: <i>Materiál:</i>	EN 1706 AC 42100
Název odlitku: <i>Castling name</i>	CORNER GUSSET	Číslo tavby: <i>Melt No.</i>	951/17
Číslo výkresu odběratele: <i>Number drawing customer</i>	3TD03307R03	Počet kusů: <i>Number of pcs.</i>	4
Číslo výkresu dodavatele: <i>Number drawing supplier</i>	23-01-011-I-194		


Naměřené hodnoty/Measured values

Vzorek/Sample	Rozměry Dimensions		Čtení stroje Machine reading (N)	Mez pevnosti Tensile test Rm /Mpa/	Mez kluzu Yield limit Rp0,2 /Mpa/	Tažnost Elongation			Poznámka/Note
	d	S <sub>0</sub>				l <sub>0</sub>	l <sub>u</sub>	A	
	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]				[mm]	[mm]	[%]	
1.	6,00	28,27	4640,02	164,11	110,75	50,00	52,85	5,70	
2.	6,00	28,27	4692,92	165,98	136,50	50,00	52,61	5,22	
3.	6,00	28,27	4675,44	165,36	110,94	50,00	53,21	6,42	
4.	6,00	28,27	4634,50	163,91	135,26	50,00	52,59	5,18	
5.									
6.									
7.									
8.									
9.									
10.									
11.									
12.									
Požadované mechanické vlastnosti <i>required mechanical properties</i>				140MPa	80MPa			2,00%	

Poznámky dodavatele/ Note of supplier: Stav materiálu daný tepelným zpracováním T6

Výsledek měření <i>Test result</i>	VYHOVUJE SATISFACTORY	Datum/Date: 10.7.2017
	<del>NEVYHOVUJE</del> <del>UNSATISFACTORY</del>	Podpis/Signature: Gabriel

slévárna MESIT foundry, a.s.  
KONTROLA KVALITY - 01

			<b>Záznam o měření</b> <b>Report measuring</b>						<b>Číslo protokolu / Report No.:</b> <b>M-951-17-011-I-194</b>		
<b>Zákazník:</b>			IFE			<b>Materiál:</b>			EN 1706 AC 42100		
Customer						<b>Materiál:</b>					
<b>Název dílce:</b>			CORNER GUSSET			<b>Číslo tavby:</b>			951/17		
Product name						<b>Melt No.</b>					
<b>Číslo výkresu odběratele:</b>			TD03307R03			<b>Počet kusů:</b>			2		
Number drawing customer						<b>Number of pcs.</b>					
<b>Číslo výkresu dodavatele:</b>			23-01-011-I-194								
Number drawing supplier											
Pozice Item	Nominální Rozměr Main Dimension	Tolerance Tolerances	Naměřená hodnota dodavatel Measured dimension supplier			Naměřená hodnota zákazník Measured dimension customer			Výsledek / Status		Poznámka Note:
			1	2	3	1	2	3	OK	NOT OK	
1	33,5	±0,40	33,40	33,37					X		
2	42	±0,3	42,00	42,03					X		
3	18	±0,22	17,93	17,95					X		
4	72,3	±0,45	72,35	72,28					X		
5	5,5	±0,15	5,65	5,65					X		
6	66,5	±0,5	66,53	66,59					X		
7	R 1,25	±0,15	1,25	1,25					X		
8	11	±0,22	10,93	10,9					X		
9	(27,3)		27,30	27,26					X		
10	16	±0,22	16,05	15,95					X		
11	7,5	±0,2	7,45	7,45					X		
12	1,5	±0,15	1,6	1,57					X		
13	R 1	±0,15	1	1					X		
14	R 1	±0,15	1	1					X		
15	2,5	±0,15	2,65	2,62					X		
16	6,8	±0,2	7,0	7,0					X		
17	8,5	±0,2	8,54	8,62					X		
18	10,5	±0,22	10,49	10,58					X		
19	55°	±1°	55°	55°					X		
20	2,5	±0,15	2,55	2,55					X		
21	40,5	±0,5	40,68	40,88					X		
22	11	±0,22	10,98	10,80					X		
23	R 1,25	±0,15	1,25	1,25					X		
24	R 2	±0,15	2	2					X		
25	2,5	±0,15	2,53	2,54					X		
26	R 2	±0,15	2	2					X		
27	R 1,25	±0,15	1,24	1,24					X		
28	R 2	±0,15	2	2					X		
29	R 4	±0,15	4	4					X		
30	// 0,8 A		0,03	0,14					X		
31	⊥ 0,8 A		0,05	0,1					X		
32	187	+1,2 -0,8	187,41	187,35					X		
33	30	±0,26	29,96	29,94					X		
34	R 9	±0,18	9	9					X		
35	30	±0,26	29,92	29,94					X		
36	195	+1,2 -0,8	195,05	194,92					X		
37	// 0,8 B		0,12	0,05					X		
38	R 103,5	±0,55	103,6	103,6					X		
39	R 76	±0,45	76	76					X		
40	R 140	±0,80	140,3	140,3					X		





Pozice Item	Nominální Rozměr Main Dimension	Tolerance Tolerances	Naměřená hodnota dodavatel Measured dimension supplier			Naměřená hodnota zákazník Measured dimension customer			Výsledek / Status		Poznámka Note:
			1	2	3	1	2	3	OK	NOT OK	
41	103	±0,55	103,1	102,94					X		
42	3,4	±0,15	3,38	3,34					X		
43	//   0,5   C		0,11	0,3					X		
44	3	±0,15	3,04	3,06					X		
45	18	±0,22	18,1	17,8					X		
46	35	±0,40	34,86	34,7					X		
47	2,9	±0,15	2,9	2,9					X		
48	55°	±1°	55°	55°					X		
49	142	±0,80	142,16	141,93					X		
50	0,8		0,4	0,3					X		
51	POPIS		OK	OK					X		
52											
53											
54											
55											
56											
57											
58											
59											
60											
61											
62											
63											
64											
65											
66											
67											
68											
69											
70											
71											
72											
73											
74											
75											
76											
77											
78											
79											
80											
81											
82											
83											
84											
85											
86											
87											
88											
89											
90											
91											
92											
93											
94											
95											
96											
97											
98											
99											
100											

<b>Prodávající:</b> MESIT foundry, a.s. Sokolovská 573, Mařatice 686 01 Uherské Hradiště		Datum: 11.07.2017 <span style="float: right;">List č.: 1</span>	
<b>IČ:</b> 46995242 <b>DIČ:</b> CZ46995242 <b>Bank. spojení:</b> ČSOB, a.s. <b>Č. účtu:</b> 109556440/0300 <b>IBAN:</b> CZ92 0300 0000 0001 0955 6440 <b>SWIFT:</b> CEKOCZPP <b>Tel.:</b> +420 572 522539 <b>Fax:</b> +420 572 551572 <b>E-mail:</b> foundry@mesit.cz <b>Internet:</b> http://www.mesit.cz		<b>Kupující:</b> IFE- CR, a.s.  Evropská 839  664 42 Modřice ČESKÁ REPUBLIKA	
<b>Příjemce:</b> IFE- CR, a.s.  Evropská 839  664 42 Modřice ČESKÁ REPUBLIKA		<b>IČ:</b> 15531627 <b>DIČ:</b> CZ15531627  Naše zakázka: 51700579 Datum: 22.05.2017 Vyřizuje: Michaela Jansková	
<b>Dod. podmínky:</b> EXW Incoterms 2000 <b>Způsob dopravy:</b> Silniční doprava		<b>Vaše objednávka: 4501831184-I21</b> Vaše značka: p. Marek Nešpor	

Společnost je od 26.1.1993 zapsána v obchodním rejstříku vedeném Krajským soudem v Brně oddíl B, vložka 959

Poz.	Popis	Celk. čistá hmotnost (kg):	MJ	Dodáno	Zbývá dodat
1/1	23-01-011-I-194 3TD03307R03 Corner Gusset- odlitek	1,71	kus	3,00	0,00

Vystavil:

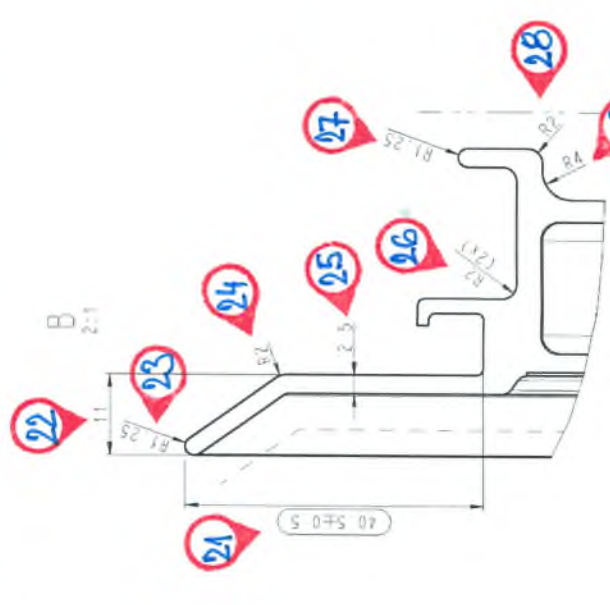
**MESIT foundry, a.s.**  
 Sokolovská 573, Mařatice  
 686 01 Uherské Hradiště  
 Česká republika  
 IČ: 46995242, DIČ: CZ46995242  
 Jansková Michaela

Převzal: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

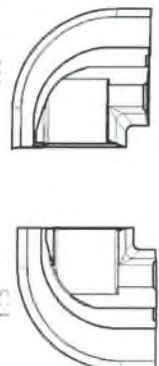
Podpis: \_\_\_\_\_





PREDTÝ ZAPUŠTENÝ POPIS  
(KOD ODĽUTKU, KOD DODAVATEĽA, DATUM)  
CASTED COUNTERSUNK TEXT  
1 SUPPLIER NUMBER  
ITEM NUMBER  
CASTING DATE YY/MM

23-01-011-I-194  
3TD03307R04  
1:1.5



NEKOTOVANE RADIUSY R=0.5  
UNDIMENSIONED RADIUS R=0.5  
NEKOTOVANE ROZMERY DLE 3D MODELU  
MISSING DIMENSIONS TAKE FROM THE 3D MODEL

23-01-011-I-194  
3TD03307R03  
1:1.5

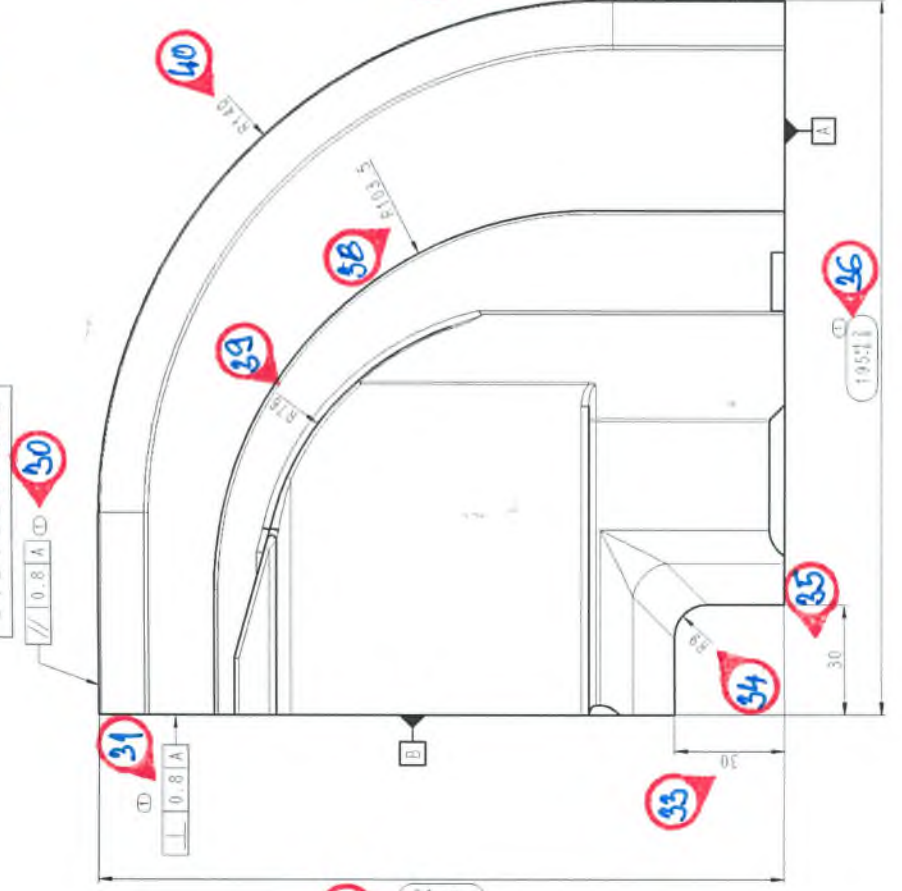
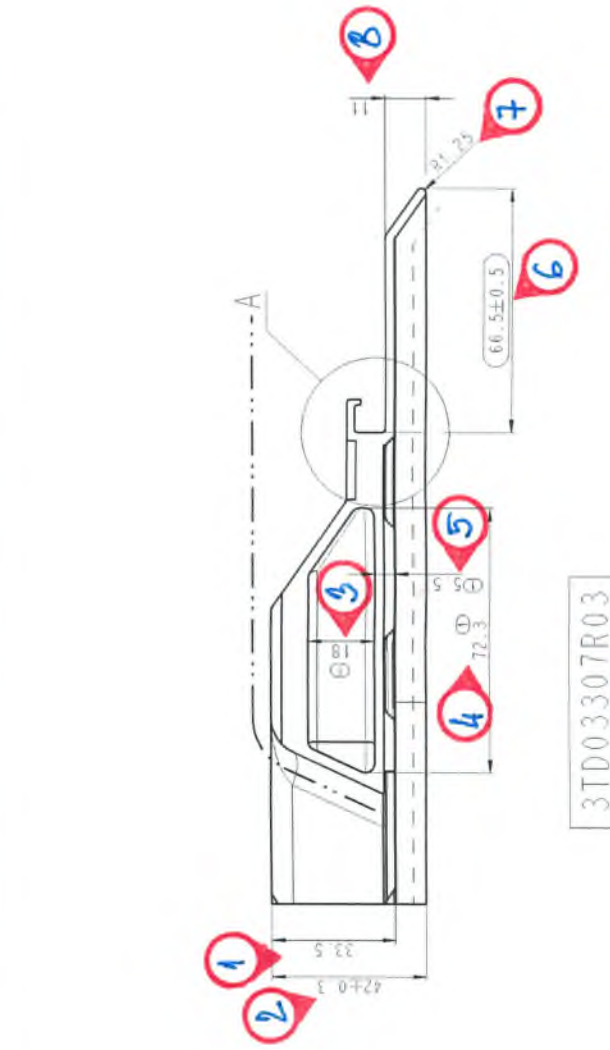
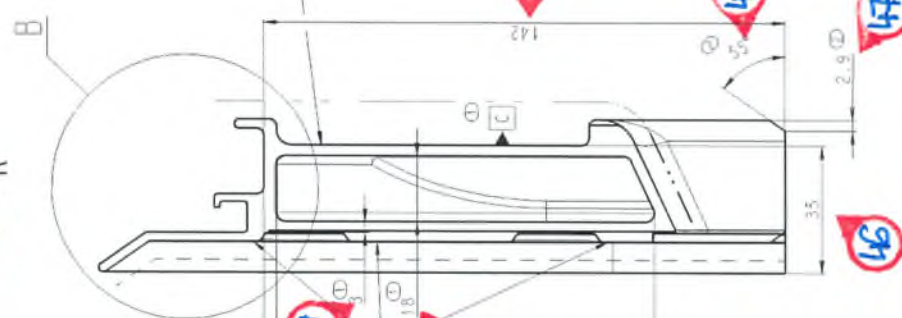
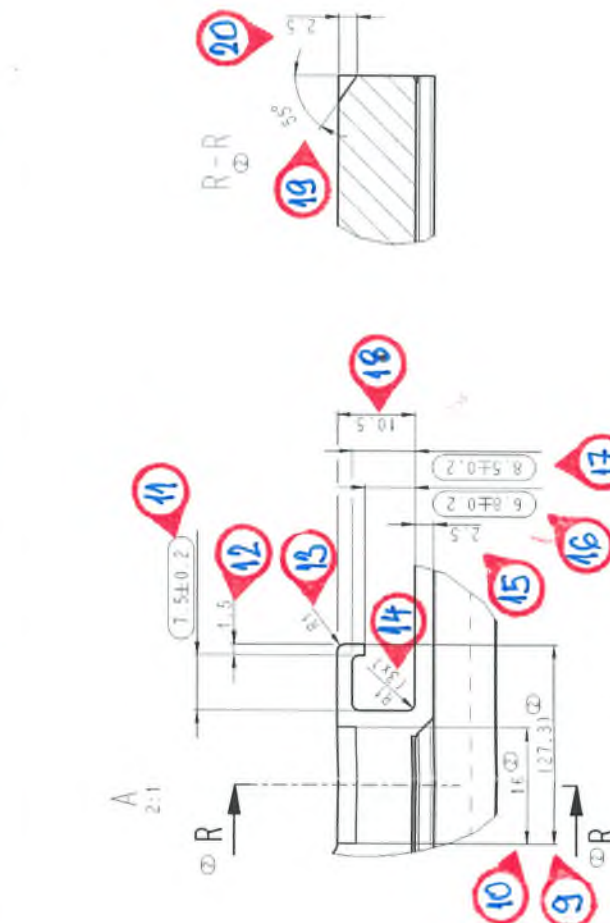
23-01-011-I-194	IAS DRAWN
3TD03307R03	JAK NAKRESLENO
(23-01-011-I-194)	MIPROFED
3TD03307R04	ZBACADLENO
1	12.05.2017
2	12.05.2017
3	12.05.2017
4	12.05.2017
5	12.05.2017
6	12.05.2017
7	12.05.2017
8	12.05.2017
9	12.05.2017
10	12.05.2017
11	12.05.2017
12	12.05.2017
13	12.05.2017
14	12.05.2017
15	12.05.2017
16	12.05.2017
17	12.05.2017
18	12.05.2017
19	12.05.2017
20	12.05.2017
21	12.05.2017
22	12.05.2017
23	12.05.2017
24	12.05.2017
25	12.05.2017
26	12.05.2017
27	12.05.2017
28	12.05.2017
29	12.05.2017
30	12.05.2017
31	12.05.2017
32	12.05.2017
33	12.05.2017
34	12.05.2017
35	12.05.2017
36	12.05.2017
37	12.05.2017
38	12.05.2017
39	12.05.2017
40	12.05.2017
41	12.05.2017
42	12.05.2017
43	12.05.2017
44	12.05.2017
45	12.05.2017
46	12.05.2017
47	12.05.2017
48	12.05.2017
49	12.05.2017
50	12.05.2017
51	12.05.2017

23-01-011-I-194	IAS DRAWN
3TD03307R03	JAK NAKRESLENO
(23-01-011-I-194)	MIPROFED
3TD03307R04	ZBACADLENO
1	12.05.2017
2	12.05.2017
3	12.05.2017
4	12.05.2017
5	12.05.2017
6	12.05.2017
7	12.05.2017
8	12.05.2017
9	12.05.2017
10	12.05.2017
11	12.05.2017
12	12.05.2017
13	12.05.2017
14	12.05.2017
15	12.05.2017
16	12.05.2017
17	12.05.2017
18	12.05.2017
19	12.05.2017
20	12.05.2017
21	12.05.2017
22	12.05.2017
23	12.05.2017
24	12.05.2017
25	12.05.2017
26	12.05.2017
27	12.05.2017
28	12.05.2017
29	12.05.2017
30	12.05.2017
31	12.05.2017
32	12.05.2017
33	12.05.2017
34	12.05.2017
35	12.05.2017
36	12.05.2017
37	12.05.2017
38	12.05.2017
39	12.05.2017
40	12.05.2017
41	12.05.2017
42	12.05.2017
43	12.05.2017
44	12.05.2017
45	12.05.2017
46	12.05.2017
47	12.05.2017
48	12.05.2017
49	12.05.2017
50	12.05.2017
51	12.05.2017

POHLEDOVE PLOCHY  
LEPICI PLOCHY  
MATERIAL: MATERIAL: AISI 7Mn0.3  
EN AC-22100 (DIN EN 1706)

MECH. VLASTNOSTI:  
Rm, min = 140 MPa  
A50 min = 80 MPa  
Hardness min = 45 HSS  
DRAFT ANGLE: 1.5°

ODFORMOVACI UKOSY:  
HMOTNOST: 0.553 kg  
NETOLEROVANE ROZMERY ODĽUTKU DLE VDG P600-A1  
PREDPIS ZKOUSK PRO NUTOU SERIE IFE M40111.033  
PREDPIS ZKOUSK PRO SERIOVU VYROBU IFE M40111.033  
JAKOST PUVRCHU ODĽUTKU DLE EN 1370: BNIF 359 31051  
CASTING SURFACE ACCORDING TO EN 1370: BNIF 359 31051



NETOLEROVANE ROZMERY ODĽUTKU DLE VDG P600-A1  
PREDPIS ZKOUSK PRO NUTOU SERIE IFE M40111.033  
PREDPIS ZKOUSK PRO SERIOVU VYROBU IFE M40111.033  
JAKOST PUVRCHU ODĽUTKU DLE EN 1370: BNIF 359 31051  
CASTING SURFACE ACCORDING TO EN 1370: BNIF 359 31051

POHLEDOVE PLOCHY  
LEPICI PLOCHY  
MATERIAL: MATERIAL: AISI 7Mn0.3  
EN AC-22100 (DIN EN 1706)

MECH. VLASTNOSTI:  
Rm, min = 140 MPa  
A50 min = 80 MPa  
Hardness min = 45 HSS  
DRAFT ANGLE: 1.5°

ODFORMOVACI UKOSY:  
HMOTNOST: 0.553 kg  
NETOLEROVANE ROZMERY ODĽUTKU DLE VDG P600-A1  
PREDPIS ZKOUSK PRO NUTOU SERIE IFE M40111.033  
PREDPIS ZKOUSK PRO SERIOVU VYROBU IFE M40111.033  
JAKOST PUVRCHU ODĽUTKU DLE EN 1370: BNIF 359 31051  
CASTING SURFACE ACCORDING TO EN 1370: BNIF 359 31051

POHLEDOVE PLOCHY  
LEPICI PLOCHY  
MATERIAL: MATERIAL: AISI 7Mn0.3  
EN AC-22100 (DIN EN 1706)

MECH. VLASTNOSTI:  
Rm, min = 140 MPa  
A50 min = 80 MPa  
Hardness min = 45 HSS  
DRAFT ANGLE: 1.5°

ODFORMOVACI UKOSY:  
HMOTNOST: 0.553 kg  
NETOLEROVANE ROZMERY ODĽUTKU DLE VDG P600-A1  
PREDPIS ZKOUSK PRO NUTOU SERIE IFE M40111.033  
PREDPIS ZKOUSK PRO SERIOVU VYROBU IFE M40111.033  
JAKOST PUVRCHU ODĽUTKU DLE EN 1370: BNIF 359 31051  
CASTING SURFACE ACCORDING TO EN 1370: BNIF 359 31051

POHLEDOVE PLOCHY  
LEPICI PLOCHY  
MATERIAL: MATERIAL: AISI 7Mn0.3  
EN AC-22100 (DIN EN 1706)

MECH. VLASTNOSTI:  
Rm, min = 140 MPa  
A50 min = 80 MPa  
Hardness min = 45 HSS  
DRAFT ANGLE: 1.5°

ODFORMOVACI UKOSY:  
HMOTNOST: 0.553 kg  
NETOLEROVANE ROZMERY ODĽUTKU DLE VDG P600-A1  
PREDPIS ZKOUSK PRO NUTOU SERIE IFE M40111.033  
PREDPIS ZKOUSK PRO SERIOVU VYROBU IFE M40111.033  
JAKOST PUVRCHU ODĽUTKU DLE EN 1370: BNIF 359 31051  
CASTING SURFACE ACCORDING TO EN 1370: BNIF 359 31051

POHLEDOVE PLOCHY  
LEPICI PLOCHY  
MATERIAL: MATERIAL: AISI 7Mn0.3  
EN AC-22100 (DIN EN 1706)

MECH. VLASTNOSTI:  
Rm, min = 140 MPa  
A50 min = 80 MPa  
Hardness min = 45 HSS  
DRAFT ANGLE: 1.5°

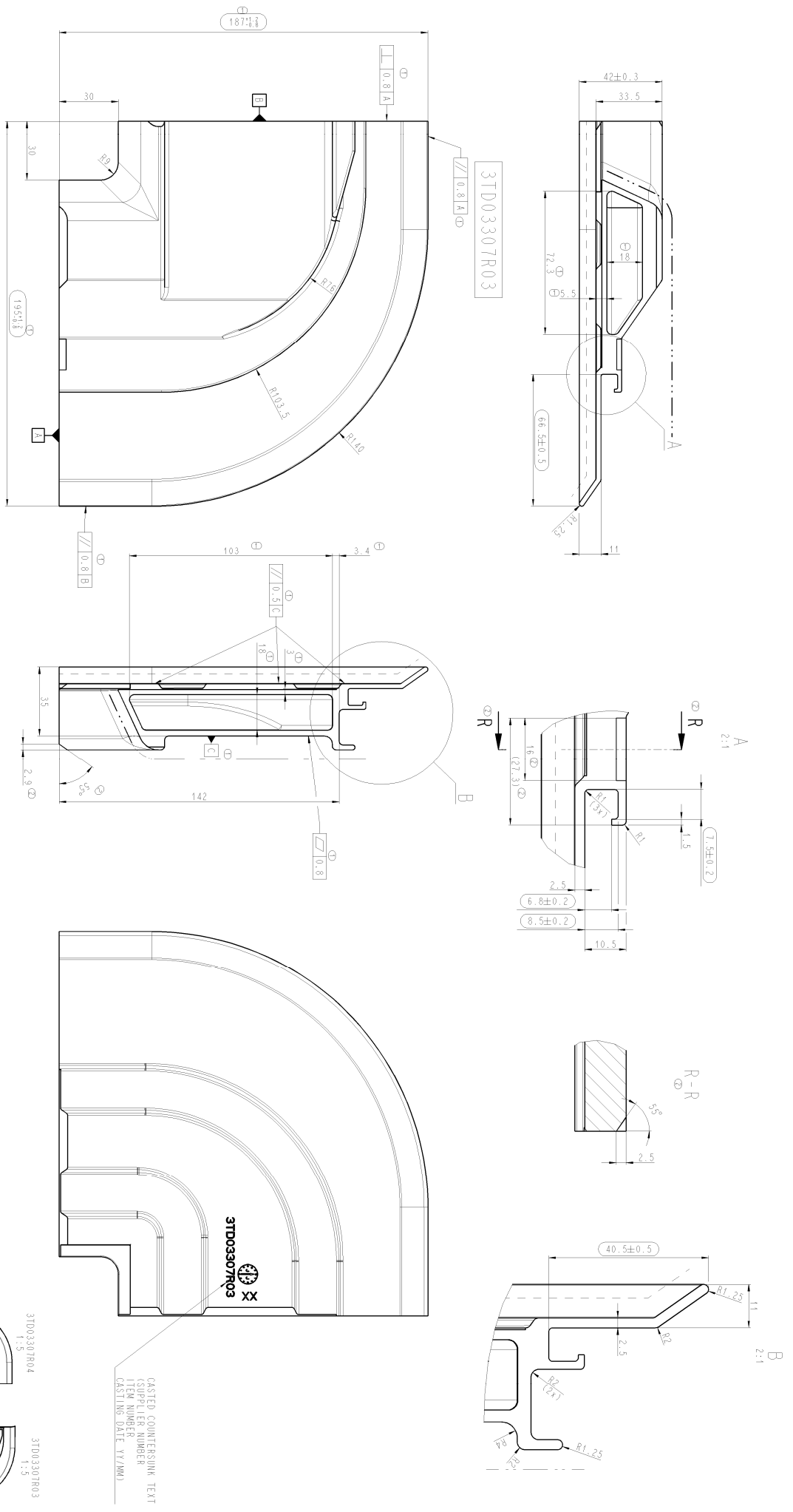
ODFORMOVACI UKOSY:  
HMOTNOST: 0.553 kg  
NETOLEROVANE ROZMERY ODĽUTKU DLE VDG P600-A1  
PREDPIS ZKOUSK PRO NUTOU SERIE IFE M40111.033  
PREDPIS ZKOUSK PRO SERIOVU VYROBU IFE M40111.033  
JAKOST PUVRCHU ODĽUTKU DLE EN 1370: BNIF 359 31051  
CASTING SURFACE ACCORDING TO EN 1370: BNIF 359 31051

POHLEDOVE PLOCHY  
LEPICI PLOCHY  
MATERIAL: MATERIAL: AISI 7Mn0.3  
EN AC-22100 (DIN EN 1706)

MECH. VLASTNOSTI:  
Rm, min = 140 MPa  
A50 min = 80 MPa  
Hardness min = 45 HSS  
DRAFT ANGLE: 1.5°

ODFORMOVACI UKOSY:  
HMOTNOST: 0.553 kg  
NETOLEROVANE ROZMERY ODĽUTKU DLE VDG P600-A1  
PREDPIS ZKOUSK PRO NUTOU SERIE IFE M40111.033  
PREDPIS ZKOUSK PRO SERIOVU VYROBU IFE M40111.033  
JAKOST PUVRCHU ODĽUTKU DLE EN 1370: BNIF 359 31051  
CASTING SURFACE ACCORDING TO EN 1370: BNIF 359 31051

### Příloha 3 Výkres součásti



UNDIMENSIONED RADII R=0.5  
 MISSING DIMENSIONS TAKE FROM THE 3D MODEL 1

CASTED COUNTERSINK TEXT  
 (SUPPLIER NUMBER)  
 (ITEM NUMBER)  
 (CASTING DATE YY/MM)

3TD03307R03  
 3TD03307R04  
 3TD03307R03

3TD03307R03 LAS DRAWN  
 3TD03307R04 MIPROVED  
 3TD03307R04 ZECADLENO

**VISIBLE SURFACES**  
**NON-VISIBLE SURFACES**  
 MATERIAL: ALSi9Cu3  
 EN AC-42100 (DIN EN 17061)  
 Rm, min = 140 MPa  
 Rp0.2, min = 80 MPa  
 A50, min = 2%  
 Hardness min = 45 HBS  
 DRAFT ANGLE: 1:5  
 WEIGHT: 0.353 kg  
 WEIGHT TOLERANCE: ± 0.015 kg  
 MFG: VNG P890-A  
 TEST INSTRUCTIONS FOR TESTING OF SINGLE SERIES: JFE M40113R83  
 TEST INSTRUCTIONS FOR TESTING OF SERIES: JFE M40113R83  
 CASTING SURFACE ACCORDING TO EN 1370: BMF 359 370S1

**CORNER GUSSET**  
 3TD03307R03

DATE	DESCRIPTION	BY	CHECKED
20080121	NETO AGIER 1:1	...	...
20090718	1:1	...	...
20090718	1:1	...	...
20090718	1:1	...	...



**LOCTITE**

Technical Data Sheet

**LOCTITE® EA 3479**

Původní název Hysol 3479

června 2015

**POPIS PRODUKTU**

LOCTITE® EA 3479 má následující vlastnosti:

Technologie	Epoxid
Chemický typ	Epoxid
Vzhled (nevytvrzený)	Šedý tmel
Složky	Dvě složky - pryskyřice a tvrdidlo
Mísicí poměr hmotnostní pryskyřice : tvrdidlo	1 : 1
Mísicí poměr objemový pryskyřice : tvrdidlo	1 : 1
Vytvrzení	Po zamíchání při pokojové teplotě
Aplikace	Průmyslová údržba
Maximální spára	1.0 mm
Zvláštní výhoda	<ul style="list-style-type: none"> <li>Malé smrštění</li> <li>nekoroduje</li> </ul>

LOCTITE® EA 3479 je hliníkem plněné dvousložkové epoxidové lepidlo, které je ideální pro opravy a obnovování opotřebovaných nebo poničených strojních součástí. Typické aplikace zahrnují opravy opotřebovaných součástí, jako jsou hřídele, skříně, drážky pro pera a příruby, stejně jako opravy rozbitých nebo poškozených součástí, jako jsou odlitky, trubky a svařence. Tento produkt může být použit při různých typech práce, jako je vyplňování dutin, vyrovnávání povrchů, opravy ocelových odlitků, výroba jader do forem, nanášení ochranných povlaků nebo těsnění prosakujícího potrubí. Typické použití tohoto produktu je v rozmezí pracovních teplot od -20 °C do +190 °C.

**TYPICKÉ VLASTNOSTI PŘI VYTVRZOVÁNÍ****Rychlost vytvrzení**

LOCTITE® EA 3479 získá funkční pevnost při teplotě 20 °C za 12 hodin. Při teplotě 10 °C je potřebný čas 24 hodin:

**Doba zpracovatelnosti**

Doba zpracovatelnosti (promícháno), minut:

při 10 °C	135
při 20 °C	45
při 30 °C	35

**TYPICKÉ VLASTNOSTI VYTVRZENÉHO MATERIÁLU**

Vytvrzeno po dobu 7 dní 22 °C

**Fyzikální vlastnosti:**

Tvrdość Shore, ISO 868, Tvrdoměr typu D	85
Lineární smrštění, ASTM D792, %	0,2
Pevnost v tahu, ISO 527-2	N/mm <sup>2</sup> 60 (psi) (8 700)
Modul pevnosti v tahu, ISO 527	N/mm <sup>2</sup> 6 000 (psi) (870 000)
Pevnost při stlačení, ISO 604	N/mm <sup>2</sup> 90 (psi) (13 000)

**TYPICKÉ VLASTNOSTI VYTVRZENÉHO MATERIÁLU****Adhezni vlastnosti**

Vytvrzeno po dobu 7 dní 22 °C

Pevnost ve smyku, ISO 4587:

Ocel	N/mm <sup>2</sup> 20 (psi) (2 900)
Hliník	N/mm <sup>2</sup> 12 (psi) (1 700)

**TYPICKÁ ODOLNOST VŮČI PROSTŘEDÍ**

podmínky vytvrzení neznámé

**Odolnost proti rozpouštědlům**

Jako většina materiálů na bázi epoxidových pryskyřic má i tento produkt vynikající odolnost proti většině kapalin a rozpouštědel. Následující informace mohou být použity jako průvodce:

Typ kapaliny nebo rozpouštědla	Vlastnosti produktu
Voda, zředěné kyseliny, solný roztok	Vynikající odolnost. U některých povrchů se může projevit odbarvení.
10% louh sodný	Vynikající odolnost.
Benzín, Ropná paliva a maziva	Vynikající odolnost.
Chlorovaná rozpouštědla	Dobrá odolnost, ale nedoporučujeme pro nepřetržitý dlouhodobý kontakt.
Methanol, Methylethylketon	Aceton, Slabá odolnost.

**Poznámka:** Tyto informace se vztahují k plně vytvrzenému produktu. Neúplné vytvrzení nebo nesprávné promíchání produktu bude mít výrazně škodlivý vliv na chemickou odolnost.

Henkel



**VŠEOBECNÉ INFORMACE**

Tento produkt se nedoporučuje používat v čistě kyslíkových nebo na kyslík bohatých systémech a neměl by se používat k těsnění chlóru či jiných silně oxidačních materiálů.

Informace pro bezpečné zacházení s tímto produktem najdete v Bezpečnostním listě (BL).

**Pokyny pro použití**

1. Pro co nejlepší výsledky lepení by měly být lepené povrchy čisté, suché a odmaštěné. Při vysokopevnostním konstrukčním lepení může speciální ošetření povrchu zvýšit pevnost a trvanlivost lepeného spoje.
2. Promíchejte nejprve každou složku, pryskyřici i tvrdidlo, zvláště a potom odměřte požadované množství.
3. Energicky promíchejte obě složky dohromady a míchejte asi dvě minuty, dokud nezískáte rovnoměrně promíchaný produkt.
4. Naneste rozmíchaný produkt na lepený povrch pomocí špachtle.
5. Při rozsáhlejšímu poškození nebo rozlomení součásti je vhodné nanést produkt na skelnou tkaninu nebo podobný podpůrný materiál a ten pak použít jako záplatu nebo bandáž.
6. Pokud produkt použijete jako modelovací hmotu, použijte vosk, tuk nebo silikon jako separátor k zabránění vzniku adheze k libovolnému povrchu. Funkční pevnosti je běžně dosaženo za 10 až 12 hodin, plné pevnosti potom během 72 hodin. Tento čas je možné zkrátit zvýšením okolní teploty.

**POZNÁMKA:** Díky vývinu tepla během procesu vytvrzování bude větší množství produktu vytvrzovat rychleji.

7. Přetok nevytvrzeného produktu může být ořten pomocí organických rozpouštědel (např. Acetonem).
8. Zabraňte možnému pohybu sestavených součástí během vytvrzování produktu. Lepený spoj by měl být ponechán v klidu, dokud nezíská plnou pevnost dřívě, než budou součásti uvedeny do provozu.
9. Po použití, dřívě než lepidlo vytvrdne, vyčistěte míchací a nanášecí zařízení pomocí horké mýdlové vody.

**Neslouží pro materiálové specifikace**

Technické údaje zde uvedené jsou pouze informativní. Potřebujete-li pomoc nebo radu ve věci technických podmínek tohoto produktu, obraťte se prosím na Vaše místní oddělení kvality.

**Skladování**

Produkt skladujte v neotevřených originálních nádobách na suchém místě. Informace o skladování produktu jsou uvedeny na etiketě nádob.

**Optimální podmínky skladování: 8 °C až 21 °C. Skladování pod 8 °C nebo nad 28 °C může nepříznivě ovlivnit vlastnosti produktu.**

Materiál odebraný z nádoby může být během používání kontaminován. Proto jej nikdy nevracejte do originálního obalu. Společnost Henkel nemůže nést odpovědnost za produkt, který byl kontaminován nebo skladován za podmínek jiných, než výše uvedených. Pokud jsou potřebné další informace, kontaktujte Vaše místní technické nebo zákaznické oddělení Henkel Loctite.

**Převody**

(°C x 1.8) + 32 = °F  
 kV/mm x 25.4 = V/mil  
 mm / 25.4 = inches  
 N x 0.225 = lb  
 N/mm x 5.71 = lb/in  
 N/mm<sup>2</sup> x 145 = psi  
 MPa x 145 = psi  
 N·m x 8.851 = lb·in  
 N·m x 0.738 = lb·ft  
 N·mm x 0.142 = oz·in  
 mPa·s = cP

**Disclaimer**

**Poznámka:** Informace obsažené v tomto technickém listu (TL) včetně doporučení pro použití a aplikaci produktu jsou založeny na našich znalostech o produktu a zkušenostech s ním k datu tohoto TL. Produkt může mít řadu různých aplikací a ve Vašem prostředí se může jednat o aplikace a pracovní podmínky, které jsou mimo naši kontrolu. Společnost Henkel tedy neručí za vhodnost svého produktu pro výrobní procesy a podmínky, za kterých je používáte, ani negarantuje dosažení Vámi zamýšlených výsledků. Doporučujeme, abyste předem provedli zkoušky k potvrzení vhodnosti našeho produktu pro Vaši konkrétní aplikaci.

Veškerá odpovědnost za informace v technickém listu či za libovolná jiná písemná či ústní doporučení týkající se dotčeného produktu se vylučuje, s výjimkou situací, kdy byla výslovně sjednána, kdy naše nedbalost způsobila smrt či zranění, a s výjimkou odpovědnosti, která povinně vyplývá z platných zákonů o odpovědnosti za výrobky.

**V případě, že produkty dodává Henkel Belgium NV, Henkel Electronic Materials NV, Henkel Nederland BV, Henkel Technologies France SAS a Henkel France SA, vezměte na vědomí také následující skutečnost:** Bude-li společnost Henkel z libovolných právních důvodů přesto pohnána k odpovědnosti, její odpovědnost v žádném případě nepřekročí hodnotu dotčené dodávky.

**Pokud produkty dodává Henkel Colombiana, S.A.S., platí toto prohlášení o vyloučení odpovědnosti:** Informace obsažené v tomto technickém listu (TL) včetně doporučení pro použití a aplikaci produktu jsou založeny na našich znalostech o produktu a zkušenostech s ním k datu tohoto TL. Společnost Henkel neručí za vhodnost svého produktu pro výrobní procesy a podmínky, za kterých je používáte, ani pro zamýšlené aplikace a výsledky. Doporučujeme, abyste předem provedli zkoušky k potvrzení vhodnosti našeho produktu.

Veškerá odpovědnost za informace v technickém listu či za libovolná jiná písemná či ústní doporučení týkající se dotčeného produktu se vylučuje, s výjimkou situací, kdy byla výslovně sjednána, kdy naše nedbalost způsobila smrt či zranění, a s výjimkou odpovědnosti, která povinně vyplývá z platných zákonů o odpovědnosti za výrobky.

**V případě, že jsou produkty dodávány Henkel Corporation, Resin Technology Group, Inc nebo Henkel Canada Corporation, se používá následující odmítnutí.**

Veškeré údaje zde uvedené slouží pouze pro informaci a jsou považovány za hodnověrné. Nemůžeme přebírat zodpovědnost za výsledky dosažené jinými laboratořemi, nad jejichž postupy nemáme kontrolu. Je plně na zodpovědnosti uživatele posoudit vhodnost jakéhokoli zde uvedeného postupu pro vlastní účely a je také na jeho zodpovědnosti, zda přijme vhodná preventivní opatření pro ochranu majetku a osob proti všem rizikům, která mohou být spojena s používáním produktů a manipulací s nimi.

**V tomto duchu se společnost Henkel zvláště zřiká přímých i vyplývajících záruk, včetně záruk obchodovatelnosti a vhodnosti pro daný účel, vznikajících z prodeje nebo používání jejich produktů. Společnost Henkel zvláště odmítá jakoukoli zodpovědnost za následné nebo náhodné škody jakéhokoli druhu, včetně náhrady škod.**

Tato diskuze o různých postupech a složeních neznamená, že tyto nejsou patentovány společností Henkel nebo jinými subjekty. Každému budoucímu uživateli doporučujeme, aby si před sériovým použitím otestoval, zda je pro něj navrhovaná aplikace vhodná. Tento produkt může být zahrnut v patentech USA nebo jiných zemí.

**Ochranná známka**

Pokud není uvedeno jinak, všechny ochranné známky v tomto dokumentu jsou ochranné známky společnosti Henkel ve Spojených státech a kdekoli jinde. © značí ochrannou známku zaregistrovanou na Úřadě obchodního vlastnictví Spojených států amerických. (U.S. Patent and Trademark Office)

**Reference 1.4**

Americas  
 +860.571.5100

Europe  
 +44.1442.278.402

Asia  
 +81.45.758.1810

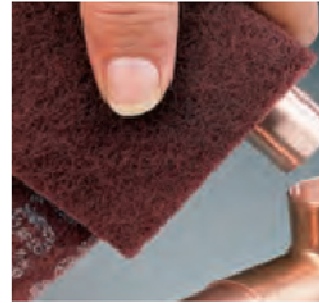
Pro získání přímého spojení na Vaše místní obchodní či technické oddělení navštivte:  
[www.henkel.com/industrial](http://www.henkel.com/industrial)



# WA472012

## Scotch-Brite™ General Purpose Hand Pad 7447

- Worldwide standard for surface conditioning
- Clean, blend, finish and deburr faster, easier, and with better results than conventional abrasives
- Performance similar to steel wool grade 1



UPC	W x L	Grade	Color	Qty./Case
048011-04029-5	6" x 9"	A VFN	Maroon	60

# WA472012P03

## Scotch-Brite™ Ultra Fine Hand Pad 7448

- Ultra fine consistent finishes on metals, woods, plastics and composites
- Performance similar to steel wool grade 00



UPC	W x L	Grade	Color	Qty./Case
048011-04028-8	6" x 9"	S ULF	Gray	60

**Product Use:** All statements, technical information and recommendations contained in this document are based upon tests or experience that 3M believes are reliable. However, many factors beyond 3M's control can affect the use and performance of a 3M product in a particular application, including the conditions under which the product is used and the time and environmental conditions in which the product is expected to perform. Since these factors are uniquely within the user's knowledge and control, it is essential that the user evaluate the 3M product to determine whether it is fit for a particular purpose and suitable for the user's method of application.

**Warranty and Limited Remedy:** Unless stated otherwise in 3M's product literature, packaging inserts or product packaging for individual products, 3M warrants that each 3M product meets the applicable specifications at the time 3M ships the product. Individual products may have additional or different warranties as stated on product literature, package inserts or product packages. 3M MAKES NO OTHER WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, ANY IMPLIED WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR ANY IMPLIED WARRANTY ARISING OUT OF A COURSE OF DEALING, CUSTOM OR USAGE OF TRADE. User is responsible for determining whether the 3M product is fit for a particular purpose and suitable for user's application. If the 3M product is defective within the warranty period, your exclusive remedy and 3M's and seller's sole obligation will be, at 3M's option, to replace the product or refund the purchase price.

**Limitation of Liability:** Except where prohibited by law, 3M and seller will not be liable for any loss or damage arising from the 3M product, whether direct, indirect, special, incidental or consequential, regardless of the legal theory asserted, including warranty, contract, negligence or strict liability.

<small>Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage, Verantwortung und Mitteilung ihres Inhalts nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich zugestanden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte den Fall der Patenterteilung oder Gebrauchsmuster-Eintragung vorbehalten.</small>				Datum	Name	Benennung		
				Bear	080313	KL	<b>SCHLEIFFLIES FINISHING PADS</b>	
				Gepr	080313	ROZ		
			Norm	080313	D0LJ			
3	ECO-D153136	140926	VD	 Knorr-Bremse GmbH Division IFE A-3340		ZeichnungsNr.		
2	ECO-D143000	140618	TK			<b>WA472012-01</b>		
1	ECO-443288	110324	KL					Blat
0	ECO-293899	080313	KL			2 B1		
Zust	Änderung	Datum	Name	Urspr	Ers.f	Ers.d		

**IFE ARTICLE WA472012M05**



**3M CONDITIONING DISC  
CF-DI AMED #5010**

DIMENSION: 5" (125 mm)  
 ABRASIVE: COARSE GRADE ALUMINUM OXIDE  
 ATTACHMENT: 3M HOOK-IT CONVERSION  
 COLOR: MAROON  
 GRIT GRADE: CF-RL 3M #03764 (FEPA 120-180)  
 10.000 RPM  
 SCOTCH-BRITE NON-WOVEN ABRASIVE FOR ORBITAL SANDER

**COMMENTS:**

A non-woven abrasive product used for:

- cleaning
- finishing
- blending
- deburring

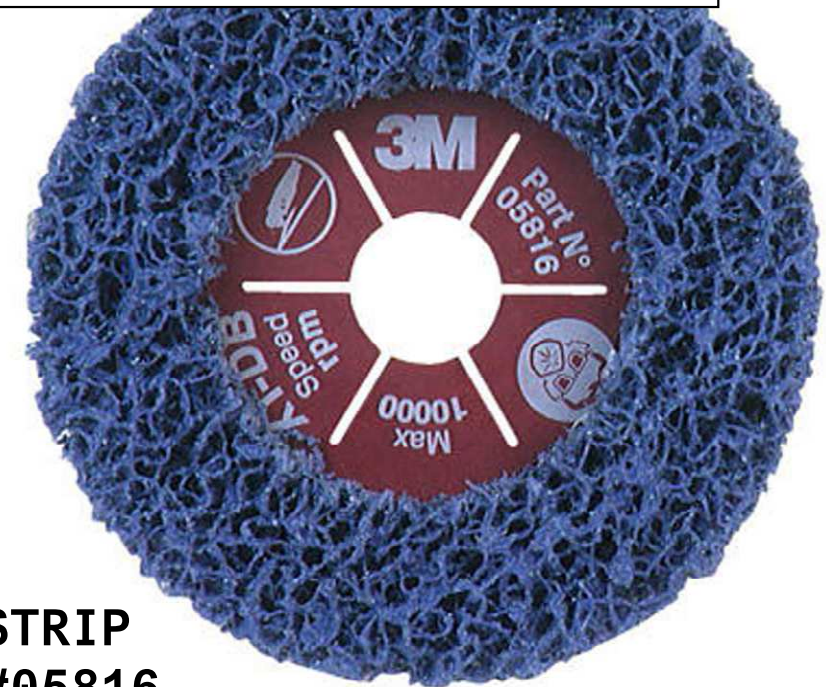
Contains a conversion HOOK-IT that mounts to hook and loop pads.

**APPLICATIONS:**

Surface conditioning.

MATERIALS: Light metals, Stainless Steel, Coatings

**IFE ARTICLE WA472012F05**



**3M CLEAN & STRIP  
TYPE XD-DB #05816**

DIMENSION 115 x 22 mm  
 FIBRE BACKED, PLAIN HOLE CONFIGURATION  
 GRIT GRADE XCRES  
 COLOR: PURPLE  
 10.000 RPM  
 SCOTCH-BRITE XT WEB.

**COMMENTS:**

Offers significantly improved life at a more competitive price. Stiffer construction means a superior performance in heavier duty applications.

XT-DB is fibre backed for use with an angle grinder.

**APPLICATIONS:**

Pre-and post-weld cleaning in metal fabrication applications. Removal of rust and other coatings.

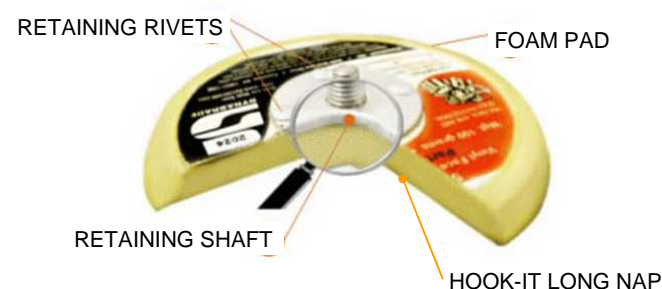
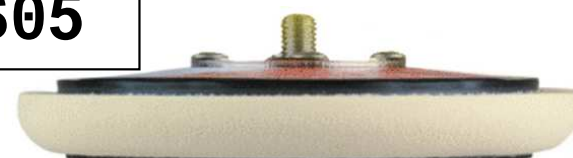
Surface conditioning.

MATERIALS: Metals, Coatings

**IFE ARTICLE WA472012S05**

**DYNABRADE SANDING PAD  
HOOK-IT LONG NAP #50605**

DIMENSION: 5" (127 mm)x1/2" (13 mm)  
 NON-VACUUM  
 MEDIUM DENSITY  
 5/16"-24 MALE THREAD  
 12000 RPM  
 WEIGHT 0.11 kg



<small>Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage, Verantwortung und Mitteilung ihres Inhalts nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich zugestanden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte den Fall der Patenterteilung oder Gebrauchsmuster-Eintragung vorbehalten.</small>				Datum	Name	Benennung		
				Bear	080313	KL	<b>SCHLEIFFLIES FINISHING PADS</b>	
				Gepr	080313	ROZ		
		Norm	080313	D0LJ	ZeichnungsNr.			
3	ECO-D153136	140926	VD	<b>WA472012-01</b>		Blat		
2	ECO-D143000	140618	TK			2		
1	ECO-443288	110324	KL			2	B1	
0	ECO-293899	080313	KL	Knorr-Bremse GmbH Division IFE A-3340				
Zust	Änderung	Datum	Name	Urspr	Ers.f	Ers.d		

### Packaging

AA404 is available in a metal box with a volume of 1 litre.

### Technical data

Density at +20 °C	0,79 g/cm <sup>3</sup>
Combustible	yes
Antistatic effect	no
Minimum application temperature	+5 °C
Storage temperature	+15 °C to +25°C
Shelf-life	24 months in original unopened

### Instructions

- Perfect preparation and cleaning of the substrate is a key factor in achieving sufficient adhesion of the adhesive or sealant.
- The surface must be clean, degreased, dry and free of dust and loose particles.
- Suitability of hard PVC is needed to verify with own testing. Cleaner can easily etch the plastic.
- For powder coated surfaces, it is necessary to first verify the suitability of AA404 with testing. The colour pigment of powder coated substrates can be affected if colour is not perfectly cured. Otherwise, it can lead to leaching of the pigment.
- Dispense cleaner into smaller containers. Afterward pour a small amount of AA404 on the cloth. This will prevent unwanted contamination of cleaner in container.
- Clean surface with so call "2 cloth method". First, wipe and clean the substrate with a clean cloth containing AA404 cleaner. Cloth should be made of a material which does not leave traces and fibres on substrate, e.g. cotton. Route cloth in one direction only, do not return back on the cleaned area. After dry a surface with a second dray cloth. Route the cloth in way only.
- Change cloths regularly replace with new ones. The frequency depends on the degree of substrate contamination.



## AA404

### Cleaner

#### Description

AA404 cleaner is based on a mixture of alcohol and ketone. The cleaner is used to remove dirt, dust, leftovers of some protective films and traces of markers and pencils. Can also be used for the removal of fresh PUR foam and sealants. The cleaner is suitable for use on non-porous substrates such as glass, metal, ceramics. AA404 evaporates very quickly.

**AA404**

**Cleaner**

 **illbruck**  
making it perfect.

---

**Technical Service**

tremco illbruck has a team of experienced Technical Service Representatives who provide assistance in the selection and specification of products. For more detailed information, service and advice.

**Warranty**

tremco illbruck products are manufactured to rigid standards of quality. Any product which has been applied (a) in accordance with tremco

illbruck written instructions and (b) in any application recommended by tremco illbruck, but which is proved to be defective, will be replaced free of charge. No liability can be accepted for the information provided in this leaflet although it is published in good faith and believed to be correct. tremco illbruck reserves the right to alter product specifications without prior notice, in line with Company policy of continuous development and improvement.



**tremco illbruck s.r.o.**  
Slezská 2526/113  
13000 Praha 3  
Česká republika  
T: +420 296 565 381  
F: +420 296 565 300

prodej@tremco-illbruck.com  
www.tremco-illbruck.cz