VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

TECHNOLOGICKÝ POSTUP RENOVACE KOVACÍ ZÁPUSTKY
TECHNOLOGICAL PROCESS OF FORGING DIE REPAIR

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE — **Luděk Kriegsmann**
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — **Ing. Jaroslav Kubíček**
SUPERVISOR

BRNO 2019

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Student:	**Luděk Kriegsmann**
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Strojírenská technologie
Vedoucí práce:	**Ing. Jaroslav Kubíček**
Akademický rok:	2018/19

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:

Technologický postup renovace kovací zápustky

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Rozbor opotřebení a namáhání zápustky. Výběr metody navařování a přídavných materiálů. Navrhnout technologický postup. Doporučení pro opracování povrchu návaru.

Cíle bakalářské práce:

1. Rozbor současného stavu možností svařování nástrojových ocelí
2. Literární studie dané problematiky
3. Návrh a provedení experimentální práce
4. Vyhodnocení a závěr

Seznam doporučené literatury:

AMBROŽ, Oldřich, Bohumil KANDUS a Jaroslav KUBÍČEK. Technologie svařování a zařízení. Ostrava: ZEROSS, 2001, 395 s. Svařování. ISBN 80-857-7181-0.

FOLDYNA, Václav, Karel HENNHOFER, Věra OLŠANOVÁ, Ivo HLAVATÝ, Jaroslav KOUKAL, František KRISTOFORY, Vladislav OCHODEK, Václav PILOUS, Jaroslav PURMENSKÝ, Drahomír, SCHWARZ a Július VESELKO. Materiály a jejich svařitelnost. 2 vyd. Ostrava: ZEROSS, 2001, 292 s. ISBN 80-857-7185-3.

ONDREJČEK, P. Zváranie ocelí v ochrane plynov taviacou sa elektródou, 1vyd. ETERNA PRESS s.r.o. Bratislava 2003, ISBN 80-968359-5-5.

OLSON D.L. a kolektiv autorů. ASM Handbook. Welding, brazing, and soldering Volume 6,: vyd. Materials Park, Ohio, 2011. ISBN-13978-1-61503-133-7.

HRIVŇÁK, Ivan. Zváranie a zvariteľnosťmateriálov. Bratislava: Slovenská technická univerzita, 2009, 486 s. :il., čb. fot. ISBN 978-80-227-3167-6.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc. ředitel ústavu	doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D. děkan fakulty

ABSTRAKT

KRIEGSMANN Luděk: Technologický postup renovace kovací zápustky.

Bakalářská práce předkládá návrh a řešení renovace kovací vložky, která je z nástrojové oceli 1.2367. Vzhledem k literární rešerši bylo pro renovaci zvoleno ruční navařovaní elektrickým obloukem s obalenou elektrodou. V práci je řešeno namáhání kovací vložky, které bylo provedeno pevnostní a termální analýzou. Po provedení zkušebních návarů několika obalenými elektrodami, se provedlo měření tvrdosti návarů a výpočet zředění materiálů. Na základě těchto výsledků byla zvolena elektroda Capilla 66. Renovace vložky se provedla dle předběžného svařovacího postupu pWPS. Byl proveden předehřev vložky na 300 °C. Jako svařovací zdroj se použil TransPocket 3500 a svařovací proud byl 190 A.

Klíčová slova: kovací vložka, obalená elektroda, návar, 1.2367, MMA

ABSTRACT

KRIEGSMANN Luděk: Technological process of forging die repair.

The bachelor thesis presents a proposal and solution of renovation of forging insert, which is made of tool steel 1.2367. Due to the literature search, manual electric arc welding with coated electrode was chosen for renovation. The work deals with the stress of the forging insert, which was carried out by strength and thermal analysis. After performance of trial overlay by several coated electrodes, hardness measurement and calculation of dilution of materials was performed. Based on these results, electrode Capilla 66 was selected. Renovation of insert was performed according to preliminary technological process pWPS. The Insert was preheated to 300 °C. As a power source was used TransPocket 3500 and welding current was 190 A.

Keywords: forging insert, coated electrode, overlay, 1.2367, MMA

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KRIEGSMANN, Luděk. *Technologický postup renovace kovací zápustky.* Brno, 2019. Dostupné také z: https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/117321. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Jaroslav Kubíček.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 23.5.2019

……
Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji panu Ing. Jaroslavu Kubíčkovi za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce, dále bych chtěl poděkovat své rodině za trpělivost a podporu při vypracovávání práce.

OBSAH

Zadání
Abstrakt
Bibliografická citace
Čestné prohlášení
Poděkování
Obsah

Str.

ÚVOD ... 9
1 ROZBOR SOUČÁSTI ... 10
1.1 Možné metody navařování ... 11
2 OBLOUKOVÉ SVAŘOVÁNÍ OBALENOU ELEKTRODOU ... 17
2.1 Charakteristiky oblouku ... 17
2.2 Princip metody 111 (MMA) ... 19
2.3 Obalované elektrody a jejich obaly ... 20
2.4 Svařovací zdroje ... 22
2.5 Svařitelnost, předehřev materiálů a zředění svarového kovu ... 24
3 NÁVRH A PROVEDENÍ RENOVACE KOVACÍ VLOŽKY ... 26
3.1 Pevnostní analýza vložky ... 27
3.2 Termální analýza vložky ... 28
3.3 Současný stav kovací vložky ... 30
3.4 Volba elektrod ... 31
3.5 Zkušební návary ... 32
3.6 Měření tvrdosti a výpočet zředění ... 34
3.7 Vyvaření dutiny vložky a návrh opracování povrchu návaru ... 42
4 ZÁVĚRY ... 43

Seznam použitých zdrojů
Seznam použitých symbolů a zkratek
Seznam obrázků
Seznam tabulek
Seznam přílo

ÚVOD [12], [22], [27], [28], [61], [62], [63]

Požadavky na vyrobené součásti se v průběhu let nezměnily. Stále se od součástí požaduje vysoká životnost, která je doprovázena případnou možností opravy dané součásti. V minulosti se vyřazovalo 80 – 90% poškozených či opotřebených strojních dílů. V současné době si firmy nemohou dovolit plýtvat financemi a prostředky na nové součásti. Mnohem výhodnější je součást opravit nebo zrenovovat.

Pod pojmem renovace se dá představit několik činností, které se provádějí za účelem obnovení funkce součásti. Zejména se jedná o obnovu součásti z hlediska tvaru, funkčnosti a bezpečnosti.

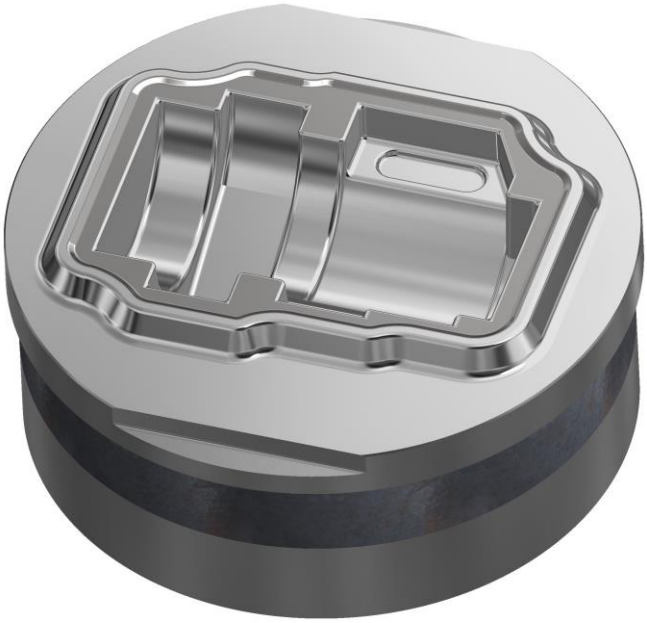
Jednou z technologií používaných pro opravy a renovace je svařování. Při renovaci součástí svařováním se většinou jedná o navařování, což znamená nanášení materiálu (návaru) na základní materiál. Tato metoda se v poslední době velice rozšířila a používá se ve stavebním, strojírenském a zemědělském průmyslu. Například se hojně využívá při renovaci nástrojů pro obrábění i tváření. Na obrázku 1 jsou vidět příklady součástí s návary.

Obr.1 Součásti renovované navařováním [12], [63], [28], [27], [61], [62]

1 ROZBOR SOUČÁSTI [9], [10], [11], [14], [57], [58], [59]

Řešenou součástí v práci je spodní zápustková kovací (dokončovací) vložka kruhového tvaru (Obr. 2), která má být zrenovována navařováním. Vložka se používá pro výrobu tvarového čepu (Obr. 3), který je tolerován a vyráběn podle ČSN 42 9030.

Tato vložka je umístěna do bloku spolu s dalšími vložkami a tím vznikne postupová kovací zápustka. Do bloku se nejčastěji umisťují tři vložky. Jelikož se ve vložce nachází kovací (dokončovací) dutina, musí být vložka umístěna v bloku co nejvíce v ose působení kovací síly. Pro výrobu součásti (obr. 3) v zápustkové vložce (Obr. 2) je použit svislý kovací lis LZK 1000 P/SH od firmy Šmeral Brno a.s. s tvářecí silou 10 MN (obr. 4).



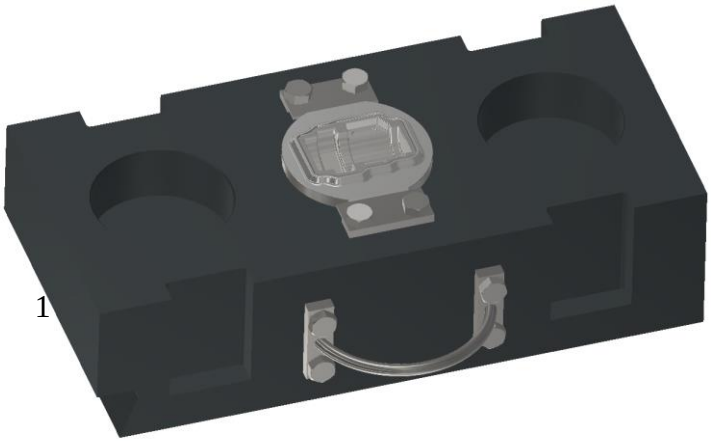
Obr. 2 Model zápustkové kovací vložky

Obr. 3 Vyráběný tv1arový čep [58]

Blok, ve kterém je umístěna vložka, je připevněn pomocí šroubů a upínek k pracovnímu stolu lisu. Samotná vložka je upevněna v bloku pomocí přílože k a šroubů (Obr. 5). Konstrukce vložky je provedena dle ČSN 22 8306. Samotná dutina vložky byla zhotovena technologií třískového obrábění frézováním.

Dutina vložky a lícovaná část je vyrobena v drsnosti Ra 1,6. Dosedací a upínací plochy jsou vyrobeny s drsnotí povrchu Ra 3,2. Ostatní vnější plochy mají drsnost Ra 12,5. Plochy, na kterých dochází k intenzivnímu tečení materiálu, jsou leštěny.

Obr. 4 Svislý kovací lis LZK 1000 P/SH [57]



1

Obr. 5 Upevnění kovací vložky v bloku

Vložka je vyrobena z oceli 1.2367 (DIN X 38 CrMoV5-3) v ČSN pro tuto ocel není žádné označení. Jedná se o ocel určenou pro práci za tepla s velmi dobrými pevnostními vlastnostmi a vysokou odolností proti opotřebení. Tato ocel se používá zejména pro formy na plasty, zápustky, zápustkové vložky a nůžky. Jelikož je tato ocel používána na nástroje, její nejdůležitější vlastností je tvrdost. Tvrdost podstatně ovlivňuje odolnost proti opotřebení. Tvrdost této oceli se pohybuje v rozmezí 52–56 HRC. Svařování a navařování je možné provádět při dodržení zásad platných pro svařování legovaných ocelí. Chemické složení této oceli je v tabulce č. 1. Kompletní materiálový list této oceli 1.2367 je uveden v příloze 1.

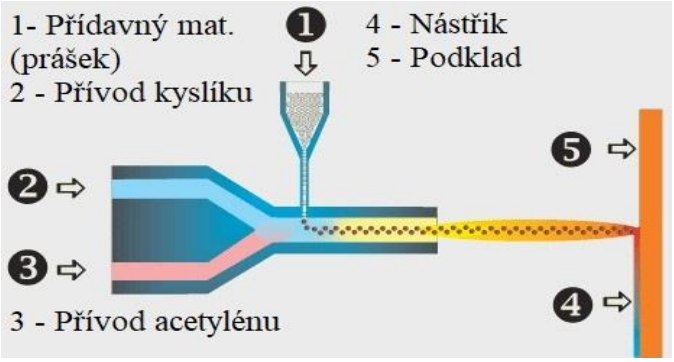
Tab. 1 Chemické složení nástrojové oceli 1.2367. [59]

Chemické složení	C	Si	Mn	Cr	Mo	V
Obsah prvků v %	0,38	0,40	0,40	5,00	2,80	0,65

1.1 Možné metody navařování [1], [2], [4], [7], [8], [13],[15], [16], [17], [18], [19], [20], [21], [22], [23], [24], [25], [29], [31], [32], [34], [35], [38], [39], [40], [41], [42], [43], [44], [45], [46], [47], [48], [60], [65], [66]

Před tím, než bude řešená součást renovována, je nutné vybrat vhodnou metodu navařování materiálu. Při výběru metody musíme zohlednit velikost součásti a možnosti svařování nástrojových ocelí. Přehled možných metod navařování:

- Dvoufázový nástřik (návar) plamenem (Obr. 6) - Tato technologie patří mezi nejstarší nástřikové metody. Její podstatou je kyslíko-acetylénový plamen, do kterého se přisypává prášek s požadovanými vlastnostmi. Technologie vytvoření návaru se sládá ze dvou kroků. První krok je nástřik prášku na základní materiál a druhý krok je natavení nástřiku (návaru) plamenem, čímž se spojí nástřik (návar) se základním materiálem. Tento postup se opakuje až do vzniku návaru požadované tloušťky. Tloušťka návaru je v rozmezí od 0,2 – 10 mm. Touto metodou je možné navařovat hrany, malé a členité předměty. Výhodou je nenáročná příprava podkladu, vysoká soudržnost se základním materiálem a široká škála přídavných prášků.



Obr. 6 Schéma nástřiku plamenem [48]

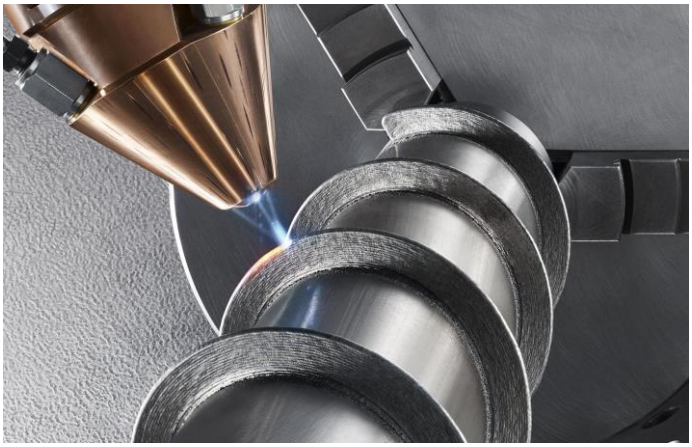
S touto metodou je spojeno větší prohřátí základního materiálu, čímž vznikají napětí a deformace. Zařízení, které se používá pro nástřik plamenem je na obrázku 7. Nástřik prášku se provádí studeným nebo teplým procesem. Při studeném procesu je prášek nanesen na povrch ZM a dále není provedeno žádná tepelná úprava. Teplý proces se provádí nástřikem vrstvy, která je následně přetavena, čímž se vytvoří návar bez pórů.

Přídavné materiály pro tuto metodu jsou ve formě prášků na bázi niklu a kobaltu. Jedná se o prášky s tvrdostí od 150 HV až do 60 HRC. Prášky jsou legovány s tvrdými přísadami. Například prášek

Obr. 7 Zařízení pro nástřik [66]

SIMmelt™ NiBas60, který se používá na lisovací formy, vačky a díly čerpadel. Další prášek SUBmelt™ NiBasW50 se používá na hrany nástrojů pracujících za tepla a díly bagrů.

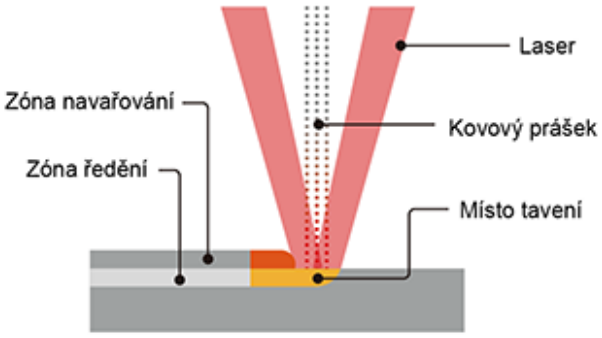
- Navařování laserem (Obr. 8, Obr. 20) - Metoda navařování laserem se provádí tavením přídavného materiálu. Přídavný materiál bývá v podobě prášku. Navařování laserem je prováděno za pokojové teploty, tím nevzniká skoro žádné tepelné ovlivnění. Laser proti ostatním metodám vytváří kvalitnější návary v malém rozmezí. Přídavný materiál ve formě prášku je přiváděn spolu s laserovým paprskem na povrch součásti. Prášek se působením laserového paprsku nataví ještě před samotným dopadem na povrch, kde působením laserového paprsu dojde k jeho metalurgickému propojení s nataveným podkladem. Nanášené vrstvy se tak vyznačují vysokou adhezí (přilnavostí) a malou pórovitostí. Celý proces je automatizován a vrstvy jsou nanášeny pomocí průmyslového robota. Tloušťky návarů se pohybují v hodnotách až několika centimetrů.



Obr. 8 Navařování laserem [1]

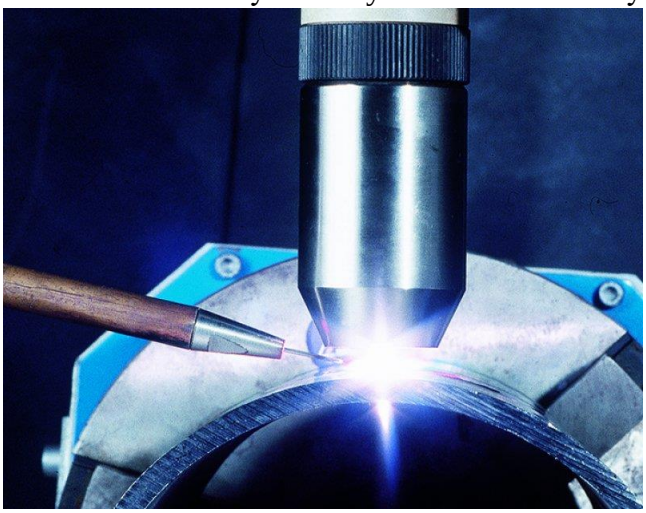
Hlavními výhodami této metody jsou minimální přídavky na obrábění, rovnoměrná tloušťka vrstev, vrstvy bez pórů a malé deformace navařovaných dílů. Tato metoda se používá pro malé i velké součásti a tvarově plochy.

Přídavný material je tedy nejčastěji ve formě prášku na bázi železa, cobaltu, niklu a titanu. Nejčastěji se nanáší vrstvy s materiálem stellite a niklovými slitinami. Používané prášky jsou například Stellite 6, Stellite 21, NiCrSi, NiBSi a AlSl 431.



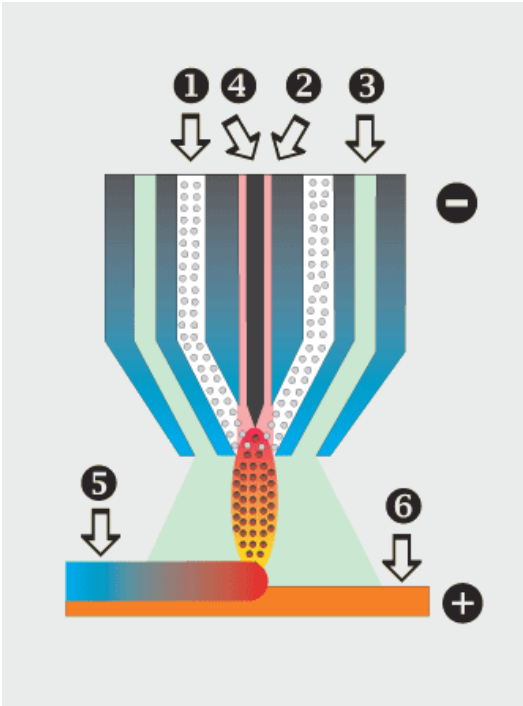
Obr. 9 Princip navařování laserem [20]

- Navařování plazmou (Obr. 10) – Základem metody je ionizace plynu, která je provedena průchodem elektrického oblouku. Metoda využívá vysoce koncentrovaný proud plazmy pro tavení navařovaného materiálu. Přídavný je materiál nejčastěji ve formě prášku je přiváděn do proudu plazmatu a následně dopadá do svarové lázně, vytvořené na navařované součásti. Návar následně krystalizuje a vytváří na součásti ochranný povlak metalurgicky spojený se základním materiálem. Právě metalurgické spojení navařovaného materiálu se základním materiálem je jednou z hlavních výhod navařování. Návar dosahuje vysoké pevnosti. Další výhodou je možnost navaření návaru poměrně libovolné tloušťky při minimálním promísení.



Obr. 10 Navařování plazmou [44]

Přídavný materiál není dodáván pouze ve formě prášku, ale je možné použít drát a při nutnosti zvýšení odtavovacího výkonu metodu horký drát, kdy je přídavný materiál předehříván dalším zdrojem elektrické energie. Při navařování se může nezávisle měnit množství tepla a přídavného materiálu. Použitím polohovacího zařízení se dosahuje rovnoměrné vrstvy návaru.



Obr. 11 Princip navařování plazmou [45]

Při navařování vzniká velmi velice tenká přechodová vrstva mezi základním materiálem a návarem.
Navařování plazmou má tyto výhody: vyšší rychlost navařování, menší tepelně ovlivněná oblast a vynikající kvalita návaru. Nevýhoda je, že přídavný materiál v podobě prášku je drahá záležitost. Celkový čas na výrobu navařené součásti je významně zkrácen také díky vysoké přesnosti povrchu návaru a tím i minimálním přídavkům na obrábění. Použitím pulzního plazmatu se zpřesní volba parametrů a sníží vneseného tepla do součásti. Tím se docílí snížení vnitřních pnutí.
Popis obr. 11: 1 – Přídavný materiál (prášek), 2 – Plazmový plyn (argon), 3 – Ochranný plyn (dusík), 4 – Wolframová elektroda, 5 – Návar, 6 - Podklad

Práškový přídavný materiál poskytuje téměř neomezené možnosti volby navařované směsi. I přesto, že složení prášku může být v podstatě libovolné, lze návarové materiály rozdělit do skupin podle převažujícího prvku.

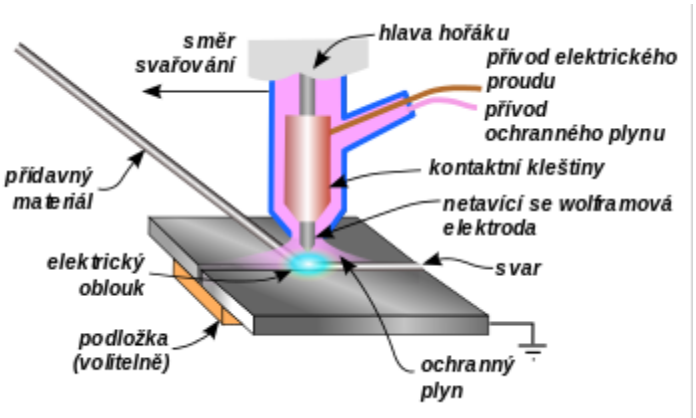
V technické praxi se používají materiály na bázi kobaltu, niklu nebo železa. Tyto základní prvky jsou smíchány s dalšími, například chromem, vanadem, wolframem,

uhlíkem, ale i bórem, křemíkem a dalšími prvky. Například se používají materiály CoCrWC, FeSiMnC, FeCrC a nebo CoCrNiMoC.

- Navařování WIG (TIG) (Obr. 12) - Svařování netavící se wolframovou elektrodou pracuje na principu hoření elektrického oblouku mezi wolframovou elektrodou a základním materiálem (obr. 13). Používají se především plněné dráty s náplní legujících prvků, karbidů a struskotvorných přísad. Metoda TIG se používá v jak pro drobné, tak pro velké díly. U zdrojů s pulzním režimem lze pomocí modulace oblouku přesně nastavit průběh hoření oblouku, a tím výrazně ovlivnit vnášené teplo a dobře ovládat svarovou lázeň. Toto je velmi velkou výhodou při renovaci (například hrany nástrojů). Pro přesné práce lze doporučit zdroj TIG doplněný nebo vybavený studeným podavačem drátu. Používají se s výhodou klasické trubičkové dráty plněné kovovým práškem. Rozměry plněných drátů jsou od 1,2 – 2,0 mm.

Obr. 12 Navařování WIG (TIG) [64]

Používané materiály jsou například: WELCO T 1781 pro návary odolávající opotřebení a vysokým teplotám, WELCO T 1760 na kobaltové bázi pro extrémní rázy, WELCO T 1709 pro návar nástrojové oceli, SD DURW Z60, FDE DUR 300 a nebo UTP A DUR pro návar odolný otěru, tlaku a rázům.



Obr. 13 Princip svařování WIG(TIG) [47]

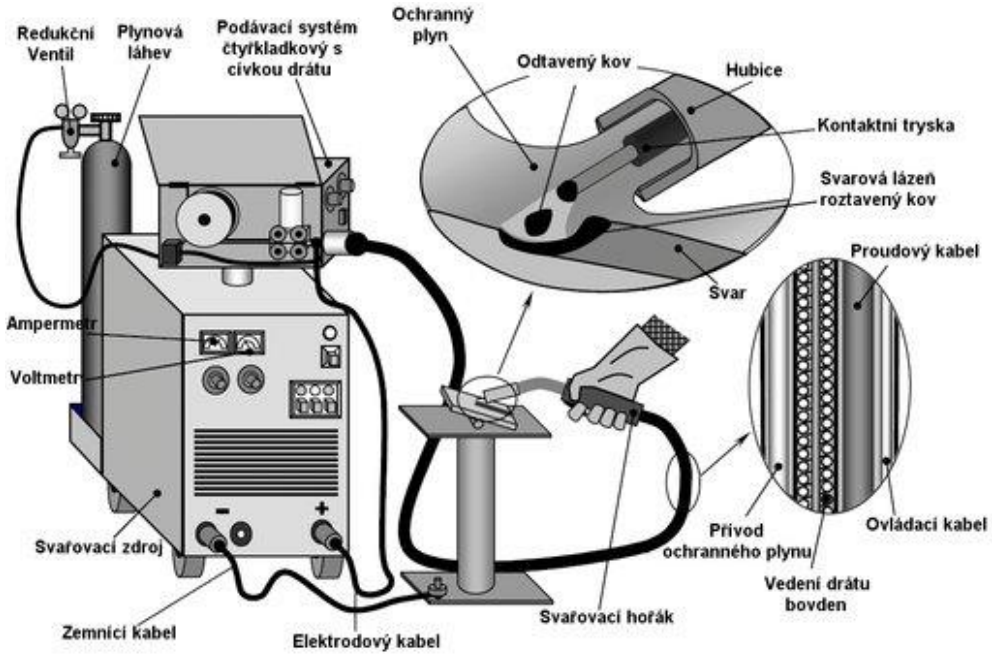
- Navařování MIG/MAG (Obr. 14) - Metoda obloukového svařování tavícím se drátem v ochranném plynu (obr. 15) využívá teplo elektrického oblouku mezi přiváděným drátem a základním materiálem. Roztavený drát a svarová lázeň je chráněna ochranným plynem. Tato metoda se používá pro větší renovační práce. Dá se kombinovat přídavný materiál a ochranné atmosféry podle požadavku na svar nebo návar. S výhodou se používají trubičkové dráty se struskotvornými přísadami, které kryjí svar nebo návar. Tím částečně napomáhají snížit rychlé ochlazování návaru.

Obr. 14 Navařování MIG/MAG [32]

Metoda MIG Využívá plyn inertní, který chemicky nereaguje s roztavenou lázní Ar nebo He. Naopak metoda MAG využívá ochranný plyn aktivní, který chemicky reaguje s roztavenou lázní O_2 a CO_2. Ochranná atmosféra je dodávána externím zdrojem. Jako externí zdroj se používá zásobník plynu, tlakové láhve a rozvod plynu.

Při této metodě je nízké procento čištění strusky. Svařováním ve zkratovém přenosu je nižší vnesené teplo, protože se velké množství tepla vyzáří do prostoru.

Používají se především plněné dráty s náplní legujících prvků, karbidů a struskotvorných přísad. Používají se dráty: UTP A DUR 600 pro návar odolný otěru, tlaku a rázům dále UTP A DUR 350 pro houževnaté návary, ESAB C508, WELCOWARE 1738 wolfram karbidový trubičkový drát a WELCO ATC 1760 trubičkový drát na bázi kobaltu.



Obr. 15 Schéma svařování MIG/MAG [31]

- Navařování ruční obloukem s obalenou elektrodou (Obr. 16) – Jedná se o metodu svařování elektrickým obloukem s obalenými elektrodami, které mají obal a kovové jádro. Pro hoření elektrického oblouku se využívá stejnosměrný i střídavý elektrický proud podle použitých elektrod a základního materiálu. Princip je stejný jako u všech metod obloukového svařování. Princip spočívá v roztavení základního a přídavného materiálu hořením elektrického oblouku mezi základním materiálem a tavící se kovovou obalenou elektrodou. Během hoření oblouku se elektrody odtavují a kov se ukládá do svarové lázně.

  Obalovaná elektroda se používá pro svařování a navařování větších dílů. Vnesené teplo je větší, a proto je nutné dodržet parametry předehřevu.

  Elektrický oblouk je třeba zapalovat na kousku plechu, a teprve po zapálení oblouku přejít na svařovaný materiál. Elektrody mohou být legovány z jádra (drátu), obalu nebo kombinací obou možností.

Obr. 16 Navařování obalenou elektrodou

  Další možnost poskytují trubičkové elektrody, které jsou plněny práškem podle požadované potřeby legování. Tyto typy elektrod jsou vhodné pro větší díly, protože se vyrábějí od průměru 4,0 až do 12,0 mm. Výhodou je malé vnesené teplo, protože se pro natavení používá malá proudová zátěž.

  Používají se elektrody s bazickým nebo rutilovým obalem. Pro návary se na příklad používají tyto elektrody: UTP 665 rutilová elektroda pro jednovrstvé návary s 12 % chromu, ESAB OK 85.65 bazická elektroda pro navařování řezných a střižných nástrojů z nástrojových ocelí.

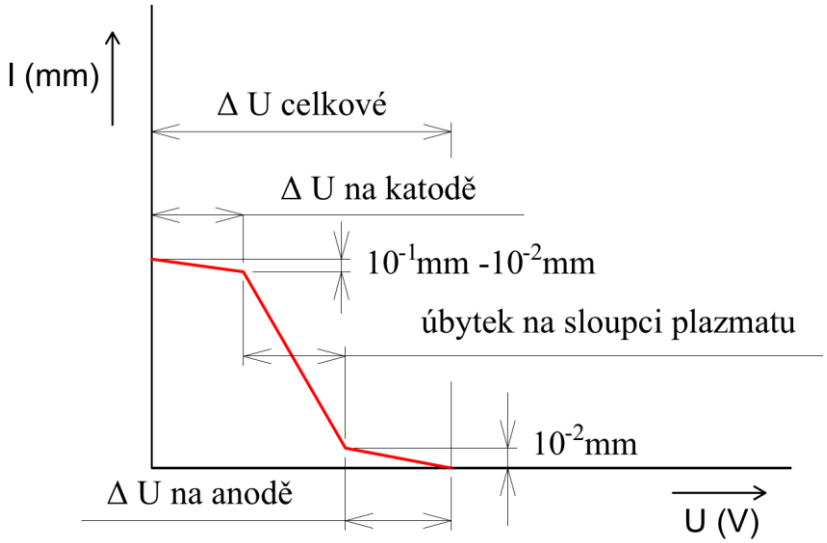
Po celkovém výčtu jednotlivých metod se pro vyvaření vložky zvolila metoda 111 navařování obalenou elektrodou (MMA). Tato metoda je nejrozšířenější při renovacích nástrojů pracujících za tepla. Navaření obalenou elektrodou bylo zvoleno na základě: velké rozmanitosti elektrod, výhodnému navařování malých ploch, přechodů a členitých tvarů, dále kvůli nízkým nákladům, malé pořizovací ceně v porovnání s ostatními metodami, snadné manipulaci, lehkému ovládání celého procesu navařování, metoda nevyžaduje zařízení pro plynové hospodářství.

2 OBLOUKOVÉ SVAŘOVÁNÍ OBALENOU ELEKTRODOU [2], [21]

Pro svařování elektrickým obloukem se používá elektrický oblouk jako zdroj tepla, který hoří mezi elektrodou a základním materiálem. Elektrický oblouk, který se využívá ve svařování, je nízkonapěťový vysokotlaký výboj. Tento výboj hoří za normální teploty a tlaku. Charakteristické znaky oblouku jsou: 1) malý anodový úbytek napětí

2) malý potenciální rozdíl na elektrodách
3) proud je řádově v ampérech až 10^3 ampér
4) velká proudová hustota katodové skvrny
5) vyzařování světelného záření z elektrod a oblouku
6) vyzařování UV záření

Metalurgické a fyzikální postupy probíhají rychle a za vysokých teplot. Tyto postupy mají velký vliv na hoření oblouku.



Obr. 17 Schéma a rozdělení oblastí el. oblouku [2]

Významné oblasti el. oblouku (Obr. 17) jsou: katodová skvrna, katodový úbytek, sloupec oblouku, oblast anodového úbytku a anodová skvrna

Katodová skvrna se nachází na povrchu katody. Skvrna může být stabilní a nebo se může přemisťovat.

Oblast katodového úbytku se nachází blízko katody a je široká 0,1 mm. V této oblasti dochází k úbytku napětí.

Sloupec oblouku je prostor mezi katodou a anodou s teplotou okolo 5000 °C. Pokles napětí v této oblasti se také někdy označuje jako plazmat elektrického oblouku. Proudová hustota ve sloupci oblouku má tvar Gaussova normálního rozložení. V tomto sloupci jsou elektrony a ionty. Elektrony se pohybují od katody k anode a kladné ionty se pohybují od anody ke katodě. Směr proudění částic ovlivňuje hodnota proudu. Oblast anodového úbytku přiléhá k anodě a v této oblasti prudce ubývá napětí. Anodová skvrna je oblast, ve které se pohlcují elektrony.

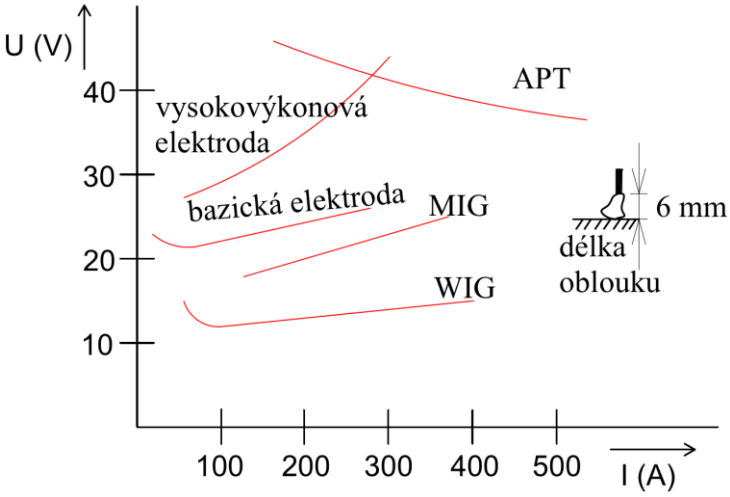
Elektrický oblouk má velké mechanické a elektrické účinky na okolí. Na kladné elektrodě je více tepla než na záporné elektrodě. Teplota na anodě se pohybuje okolo 2500°C. Na katodě se teplota pohybuje v rozmezí 2100 až 2400 °C.

2.1 Charakteristiky oblouku [2], [39]

Charakteristiky elektrického oblouku jsou velmi významné. Nejvýznamější je voltampérová charakteristika elektrického oblouku, která je známa také pod názvem statická charakteristika elektrického oblouku. Tato charakteristika udává závislost el. napětí na oblouku a svařovacího proudu v ustáleném stavu. Na obrázku 18 je voltampérová charakteristika odlišných oblouků.

Dále se používají charakteristiky zdroje svařovacího proudu. Statická charakteristika udává poměry v ustáleném stavu svařování a dá se lehce sestrojit. Dynamická charakteristika udává poměry při reálném stavu svařování a může se zachytit pouze pomocí registračního zařízení.

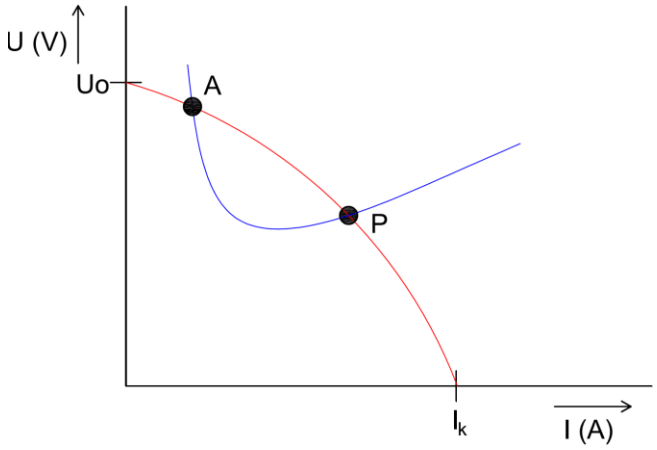
Při svařování ručním se používá zdroj se statickou charakteristikou s klesající tendencí (Obr. 19). To znamená, že U_o (napětí naprázdno) je nejvyšším napětím a se zvětšujícím se proudem toto napětí klesá. Hodnota I_k je zkratový proud a je to nejvyšší proud svařovacího zdroje. Statická charakteristika zdroje a oblouku se protíná v bodě A, který se nazývá zápalný bod a v bodě P, což je pracovní bod.



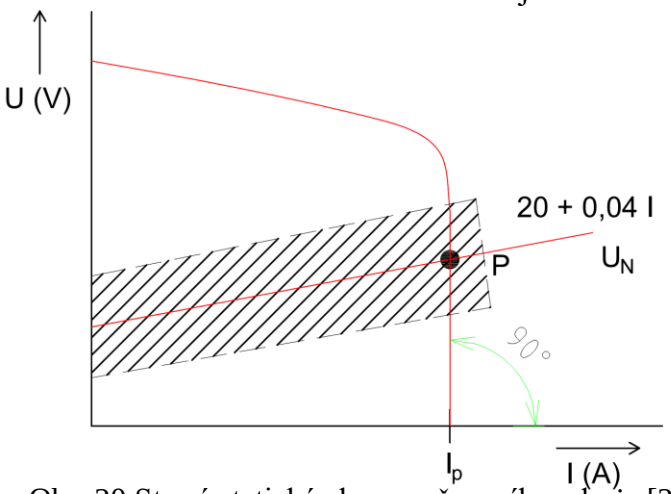
Obr. 18 Voltampérová charakteristika el. oblouků [2]

Statická charakteristika také určuje tzv. strmost charakteristiky, což je odpor ve svařovacím obvodu. Pokud se charakteristika jeví příliš strmá a svařovací proud je v úzkých mezích při kolísání napětí, znamená to, že se svářečovi chvěje ruka. Pro ruční svařování se používá tzv. strmá statická charakteristika (Obr. 20).

U strmé statické char. se v oblasti pracovního bodu P jeví jako kolmá na osu s proudem I. Při změně délky oblouku například v důsledku špatného vedení elektrody se svařovací proudu nemění. To znamená, že při velké změně napětí je malá změna svařovacího proudu.



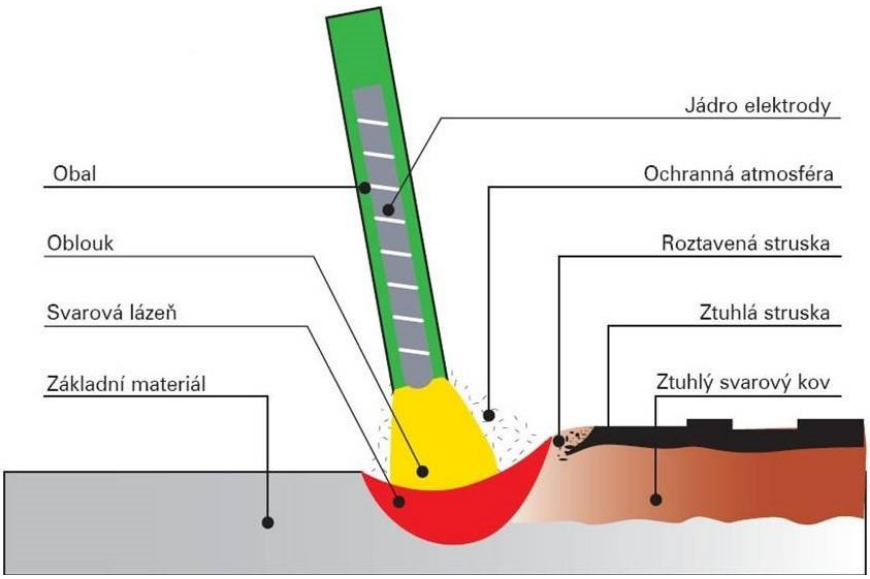
Obr.19 Statická char. svařovacího zdroje a oblouku [2]



Obr. 20 Strmá statická char. svařovacího zdroje [2]

2.2 Princip metody 111 (MMA) [2], [16], [17], [18], [19], [21], [22], [24], [33], [38]

Elektrický oblouk vzniká mezi koncem obalené kovové elektrody a svařencem, kdy r kapky kovu z elektrody jsou přenášeny obloukem do svarové lázně a jsou chráněny plyny, které vznikají z rozkladu obalu, jež je tvořen tavidly. Roztavená struska se dostává na povrch svarové lázně, kde během tuhnutí chrání svarový kov před přístupem atmosféry. Po svaření každé housenky je nutno strusku odstranit.



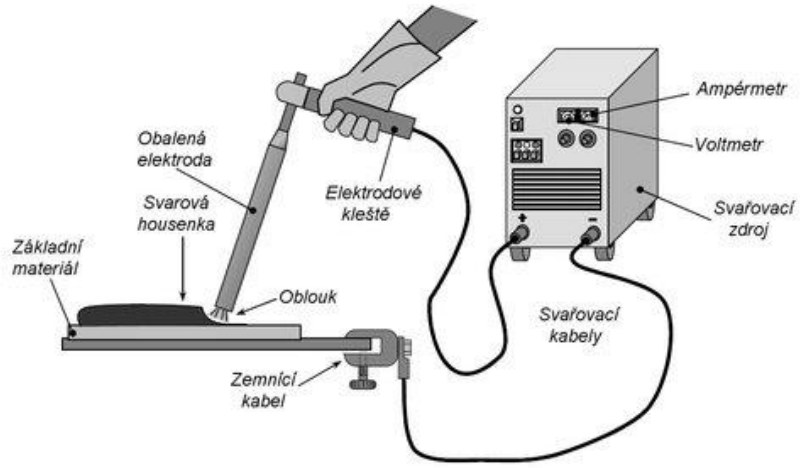
Obr. 21 Princip metody 111 [17]

Délka oblouku závisí na druhu obalu elektrody a poloze při svařování, optimální délka oblouku je cca 1,5 násobek průměru elektrody, délka by měla být vhodná, stálá a optimální.

Obalená elektroda disponuje omezenou délkou (obvykle 350 - 450 mm) to znamená, že proces je často přerušován z důvodu výměny elektrody. Produktivita této metody je nízká z důvodu časté výměny elektrody. Poměr produktivity hoření oblouku se pohybuje mezi 20% až 60% z celkových pracovních možností.

Při svařování metodou 111 se rozeznávají dva oblouky. Krátký oblouk je v délce rovnající se průměru elektrody a menší. To přináší menší rozstřik, propal prvků a menší tepelné ztráty. Dosahuji se větší hloubky závaru a pravidelný povrch svaru. Dlouhý oblouk je v délce větší než 1,5 násobek průměru elektrody. To znamená větší rozstřik a propal prvků. Hloubka závaru je menší a housenka je širší, plochá a nepravidelná.

Svařovací proud udává výrobce elektrod u jednotlivých průměru a druhů obalů elektrod, rozsah svař. proudu má dolní a horní hranici, tím je myšleno maximum a minimum.



Obr. 22 Schéma celkového pracovního cyklu [33]

Svařovací proud je ovlivněn: druhem obalu, polohou svařování, citlivostí regulátor a zkušenostmi svářeče. Velký proud způsobuje značné přehřívání elektrody, čímž dochází k vypalování prvků a klesají mechanické vlastnosti svarového kovu. Vytvářejí se vruby, housenka je nízká, vznikají plynové dutiny a větší deformace svaru. Naopak malý proud znamená menší hloubku závaru. Oblouk hoří neklidně, housenka je vysoká a dochází ke studeným spojům.

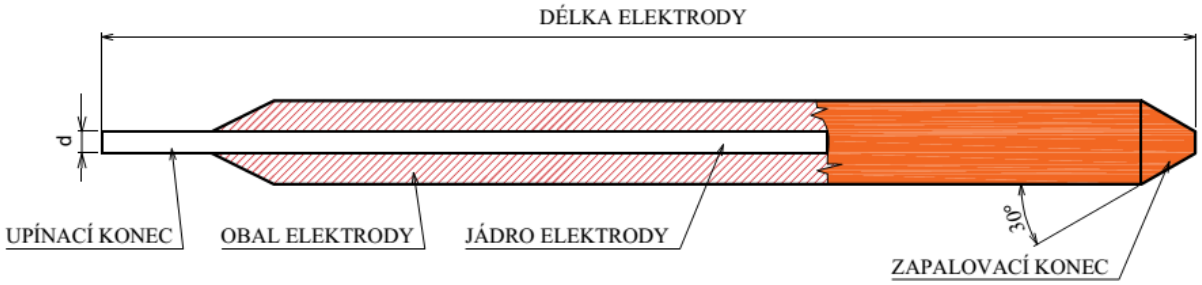
Sklon elektrody je závislý na poloze svařování a druhu elektrody. Sklon by měl být asi 20° až 30° od kolmice, aby struska nepředběhla svarový kov. Větší odklon zvětšuje kráter. Dále se zvětšuje rozstřik a nepravidelnost. Použitím menšího odklonu struska začne předbíhat svarovou lázeň. Menší odklon také ovlivňuje hloubku závaru.

Teplo potřebné ke vzniku taveniny se získává z elektrického oblouku, který vznikne zapálením. Pro zapálení je nutný zkrat základního a přídavného materiálu. Ohřev, tavení elektrody a základního materiálu způsobuje teplota v oblouku, která se pohybuje okolo 5500°C. Elektrony dopadají na anodu s teplotou 2 600°C a kladné ionty dopadají na katodu s teplotou 2 400°C. Pokud se zapojí elektroda na záporný pól a svařovaný materiál na kladný pól, jedná se o přímou metodu. Opačné zapojení se nazývá nepřímá nebo obracená metoda.

Při svařování elektrickým obloukem s obalenou elektrodou dochází k odtavování konce elektrody a odtavený konec elektrody se zúčastňuje tvorby spoje jako přídavný materiál.

2.3 Obalované elektrody a jejich obaly [2], [36], [37]

Pro svařování el. obloukem s obalenou elektrodou se jako přídavné materiály používají obalené elektrody. Obalené elektrody se skládají z kovového jádra a kolem něj obaleného tavidla (Obr. 23). Při rozkladu tavidla vznikají plyny, kterými je chráněna svarová lázeň. Proto není nutné užívat jiné zařízení, které by dávkovalo ochranný plyn, jako je tomu u jiných metod (MIG, MAG, WIG). Elektrody pro ruční svařování se dají rozdělit do několika skupin podle materiálu který je svařován.



Obr. 23 Řez obalenou elektrodou [2]

- **Rozdělení elektrod podle základního materiálu:**
  - Pro svařování nelegovaných nízkouhlíkových ocelí
  - Pro svařování nízkolegovaných ocelí
  - Pro svařování nízkolegovaných žárupevných ocelí
  - Pro svařování vysokolegovaných ocelí
  - Pro navařování vrstev se specifickými vlastnostmi
  - Pro svařování barevných kovů
  - Pro svařování šedé litiny
  - Pro použití v jaderné energetice
  - Pro použití za zvláštními účely

Obaly elektrod se dělí podle poměru mezi celkovým průměrem elektrody D a průměrem jádra elektrody d. Dále se elektrody dělí podle složení obalu.

- **Rozdělení podle poměru D/d:**
  - Tence balené elektrody ($D/d \leq 1,2$)
  - Středně tlustě balené elektrody ($D/d = 1,2 – 1,45$)
  - Tlustě balené elektrody ($D/d = 1,45 – 1,80$)
  - Velice tlustě balené elektrody ($D/d \geq 1,80$)
- **Rozdělení podle složení obalu:**
  - Stabilizační obal
  - Rutilový obal (označení R)
  - Rutil – celulózový obal (označení RC)
  - Rutil – kyselý obal (označení RA)
  - Rutil – bazický obal (označení RB)
  - Tlustostěnný rutilový obal (označení RR)
  - Kyselý obal (označení A)
  - Bazický obal (označení B)
  - Celulózový obal (označení C)
- **Funkce obalu:**
  - Funkce plynotvorná: při hoření oblouku vznikají z obalu kouře a plyny, které vytvářejí druh ochranné atmosféry a brání přístupu vzdušného kyslíku a dusíku ke svarové lázni. Např. celulóza, tepelný rozklad CaCO3 na CO2 a CaO.
  - Funkce ionizační: slouží v obalu pro usnadnění zapalovaní a hoření oblouku. Např. soli alkalických kovů draslík a sodík.
  - Funkce metalurgická: slouží ke snížení fosforu a síry, dále k desoxidace (což znamená snížení obsahu kyslíku). Dále je důležitá k legování prvků náchylných k propalu: Cr, Mo, Ti, Mn, Cr, Si.

Rutilový obal je vytvořen z rutilu. Rutilový obal obsahuje až 90% titanových rud, rutil nebo limenit, dále vápenec, oxid křemičitý, feromangan. Tento obal se používá v široké škále hlavně při svařování tenkých plechů a pro zhotovení svárů menších délek. U elektrody s rutilovým obalem se dobře zapaluje elektrický oblouk. Při dokončení svaru se snadno odstraňuje struska. Rutilové elektrody se většinou připojují na záporný pól.

Elektrody s bazickým obalem se využívají při svařování velmi namáhaných spojů. Bazický obal obsahuje 45% kazivce, 40% vápence, 10% oxidu křemičitého, 5% feromanganu, rutilu a vodního skla. Například se používají pro svařování tlakových nádob, kotlů atd. Svár zhotovený bazickou elektrodou je houževnatý a odolává vzniku trhlin. Samotná svar či návar obsahuje málo difuzního vodíku, čímž se zlepšuje vrubová houževnatost. Tyto elektrody se připojují většinou na kladný pól.

Elektrody s rutil – bazickým obalem převzaly vlastnosti z rutilových elektrod (lehké zapálení oblouku, lehké odstranění strusky). Z bazických elektrod si převzaly tyto elektrody dobrou kvalitu sváru (návaru). Využívá se u koutových svarů díky dobrým operativním vlastnostem.

Elektrody s kyselým obalem zapalují el. oblouk snadněji než např. u bazických elektrod. Kyselý obal obsahuje přibližně 50% magnetitu, 20% oxidu křemičitého, 20% feromanganu, 10% vápence, rutilu, vodního skla. Struska se dá snadno odstranit stejně jako je tomu u rutilových elektrod. Elektrody s kyselým obalem se víceméně již nepoužívají a nahradili se

elektrodami s bazickým a rutilovým obalem. Kyselé elektrody se většinou připojují na záporný pól.

Elektrody s rutil – kyselým obalem si převzaly t nejlepší vlastnosti z rutilových a kyselých elektrod. Tyto elektrody se hojně využívají pro obtížně svařitelné oceli.

Elektrody celulózové chrání pouze svarový kov před okolní atmosférou. Využívají se díky hlubokému závaru a přechodu materiálu v malých kapkách. Tyto elektrody se vyznačují tvorbou velkého množství kouře a plynů.

- **Výroba elektrod:** V dnešní době se obalované elektrody vyrábejí především lisováním. Samotný proces výroby elektrod se skládá z několika kroků.
    1) Příprava jádra elektrody (dodání svitku drátu, čištění, tažení, kalibrování, rovnání a dělení na ožadovanou délku)
    2) Připrava hmoty na obal elektrody (obal je tvořen několika složkami, které se vyberou podle požadovaného složení obalu, ty se následně nadávkují podle požadavku a spojí pomocí pojiva).
    3) Samotná výroba elektrod (lisování obalové hmoty na jádro v lisu, broušení zapalovacího a upínacího konce, sušení, označení a balení).

- Sušení elektrod: Tomuto procesu je vhodné a duležité se věnovat. Vlhkost v elektrodách mění kvalitu svarového kovu. Navlhlé elektrody je nutne před použitím přesušit, za podmínek, které předepisuje výrobce.

2.4 Svařovací zdroje [2], [52], [53], [54], [56]

Svařovací zdroj (svařovací agregát) je zařízení zapojené do elektrické síťě, které se používá pro generování svařovacího proudu při svařování (navařování) metodami využívající elektrický oblouk. Obecně se zdroje svařovacího proudu dělí na: zdroj pro výrobu střídavého proudu (transformátor), zdroj pro výrobu stejnosměrného proudu (dynamo) a zdroj pro výrobu usměrněného proudu (usměrňovač a invertor).

- **Svařovací zdroje musí splňovat několik požadavků**:
    - Konstrukce musí být podle platných norem a předpisů
    - Možnost regulace elektrického proudu nebo napětí
    - Musí mít dobrou odolnost při vzniku krátce trvajících rázů
    - Dobrá stálost výkonu a dostačující účinnost
    - Dobrá dynamická charakteristika, která po zkratu rychle navýší napětí
    - Statická charakteristika musí být odpovídající druhu svařování
    - Jednoduchá obsluha a vysoká spolehlivost
    - Napětí naprázdno musí odpovídat druhu proudu a způsobu svařování

- **Svařovací dynamo** (Obr. 24):

Jedná se o jeden ze starších zdrojů, který generuje stejnosměrný svařovací proud. Tento zdroj může být poháněný elektrickým nebo spalovacím motorem. Spolu motor a dynamo tvoří jeden celek. Rotační dynamo má strmou statickou charakteristiku. Používá se pro svařování el. obloukem s obalenou elektrodou, pro metodu TIG a MIG/MAG. Svařovací proud jako takový je indukován na kotvě rotoru, při jejím otáčení v elektromagnetickém poli vinutí statoru. Nevýhodou tohoto zdroje je příliš velká hmotnost celku, velmi velká hlučnost, pro výrobu svařovacího proudu zdroj spotřebuje velké množství elektrické energie (což znamená nízkou efektivitu). I přes tyto nevýhody má vysokou hodnotu zatěžovatele.

Obr. 24 Svařovací dynamo [53]

- **Svařovací transformátor** (Obr. 25):

Transformátor vyrábí střídavý svařovací proud. Celek je složený z jádra, které je tvořeno ocelovými plechy, primární a sekundární cívky. Vinutí sekundární i primární cívky je z hliníku popřípadě mědi. Funkce je taková, že se transformátor napojí na střídavý proud, tento proud postupně protéká přes vinutí primární cívky a ta následné vytvoří střídavé elektromagnetické pole. Elektromagnetickou indukcí se tvoří střídavé napětí na vinutí sekundární cívky. Tím, že se zapálí elektrický oblouk, dojde k uzavření obvodu a vytvoří se střídavý svařovací proud. Transformátory mají polostrmou statickou charakteristiku. Transformátory se využívají pro svařování obalenou elektrodou, ale i pro svařování metodou TIG. Svařovací transformátor vykazuje nižší hodnotu zatěžovatele a menší spotřebu elektrické energie.

Obr. 25 Svařovací transformátor [54]

- **Svařovací usměrňovač** (Obr. 26):

Usměrňovač vytváří stejnosměrný nebo usměrněný proud, je složený ze dvou částí. První část je síťový transformátor a druhá část je sekundární obvod s usměrňovacími prvky. Tyto prvky mohou být tyristory nebo diody. Transformátor může být jednofázový nebo třífázový. Lze měňit vystupující proud. Usměrnovače mají nižší hmotnost, hlučnost, spotřebu elektrické energie a příkon. Snadno se reguluje svařovací proud, je vysoká účinnost a nevýhodou jsou vysoké pořizovací náklady.

Obr. 26 Svařovací usměrňovač [56]

- **Svařovací invertor** (Obr. 27):

  Tyto zdroje se využívají v průmyslové výrobě. Pracují na principu transformace střídavého proudu. Zdroj je řízen pomocí vysoce výkonných tranzistorů, které fungují jako středofrekvenční měňiče s frekvencí 20 až 100 kHz. Střídavý proud se získává z měniče z usměrněného proudu. Účinnost dosahuje až 90%. Tyto zdroje mají malé rozměry a nízkou hmotnost. Také disponují centrální řídící jednotkou. Při jejich použití se dají snadno ovládat, mají univerzální použití a nízké provozní náklady. Pořizovací náklady jsou vyšší.

Obr. 27 Svařovací invertor [52]

2.5 Svařitelnost, předehřev materiálů a zředění svarového kovu [2], [8], [18], [19], [26]

Svařitelnost je technologická vlastnost kovových materiálů a je to schopnost materiálu vytvořit kvalitní svarový spoj. Svařitelnost závisí na chemickém složení, tepelném zpracování, způsobu výroby a tloušťce svařovaného materiálu. Svařitelnost ocelí je rozdělena podle ČSN do čtyř skupin.

- Stupně svařitelnosti – 1) Zaručená (označení: 1a)
  2) Podmíněně zaručená (označení: 1b)
  3) Dobrá (označení: 2)
  4) Obtížná (označení: 3)

Zaručená svařitelnost zaručuje svaření. podmíněně zaručená znamená, že se musí dodržet předem určené podmínky uvedené materiálovém listě oceli. Dobrá svařitelnost nezaručuje svařitelnost, ale pokud se svar vyhotoví ve velkém množství případů je svarový spoj vyhovující. Obtížná svařitelnost znamená, že nejde dosáhnout svarového spoje určitých vlastností ani při dodržení případných podmínek.

- **Předehřev materiálů:**

  U ocelí, které mají obsah C ≤ 0,25 hm. %, není nutné dodržovat žádné zvláštní pokyny či předpisy. Oceli s obsahem C ≥ 0,25 hm. % spadají do skupiny ocelí podmíněně svařitelných. To znamená, že při jejich svařování musí být dodrženy určité podmínky. Jedna z podmínek je předehřev základního materiálu před samotným svařením.

  Předehřev je určen ke zpomalení ochlazování, čímž se zmenší možnost zakalení. Pro výpočet předehřevu existuje několik způsobů výpočtu. Například výpočet dle Séferiána nebo metoda Ita a Bessya. Tyto metody jsou vhodné pro výpočet předehřevu uhlíkové, nízkolegované a žárupevné konstrukční oceli s obsahem C > 1 hm. %. Řešeným materiálem je nástrojová ocel s obsahem uhlíku 0,38 % a vyšším obsahem dalších prvků a pro takto specifikované oceli s výšším obsahem uhlíku není žádný výpočet předehřevu.

  Proto se podle některých publikací dá teplota předehřevu zhruba určit podle obsahu uhlíku a tloušťky stěny dle tabulky 2. Pokud se musí použít předehřev je lepší zvolit i vyšší hodnotu než je předepsaná, čímž se nic nepokazí. Pokud by se však předehřev zanedbal mohlo by to mít fatální následky.

Tab. 2 Hodnoty předehřevu v závislosti na obsahu C. [2]

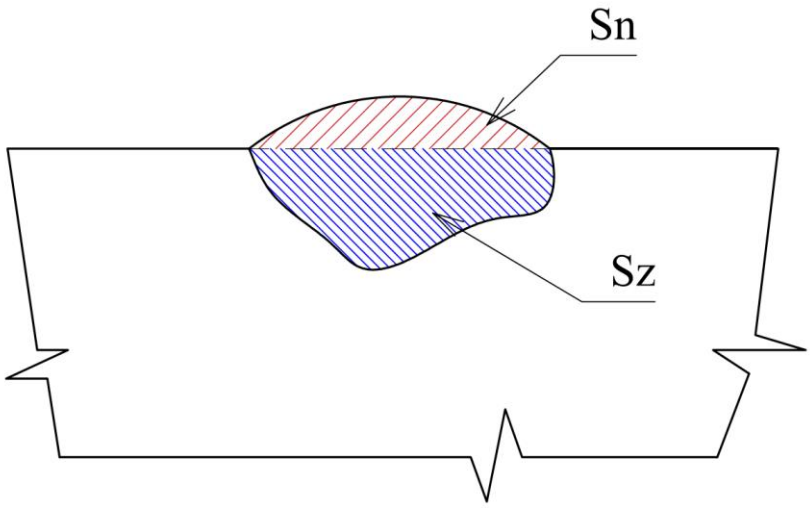
Obsah uhlíku v hm. %	Teplota předehřevu ve °C
0,20 až 0,30	100 až 150
0,30 až 0,45	150 až 175
0,45 až 0,80	275 až 425

- **Zředění svarového kovu:**
  Při svařování či navařování může dojít ke zředění svarového kovu se základním materiálem. Toto promísení může vest až k tomu, že svarový kov bude horší kvality. Toto zředění materiálu je významné zejména při navařování materiálu, přičemž při svařovaní obalovanou elektrodou toto zředění dosahuje hodnoty až 50%. U metod při kterých se nepoužívá přídavný material je hodnota 100%. Výpočet se bude vztahovat pro navařování dle obrázku 28. Při navařování materiálu obalovanou elektrodou, by se hodnota zředění měla pohybovat kolem 5 až 10%.

Zředění materiálu lze vypočítat dle vztahu (2.1):

$$Z = \frac{Sz}{Sn + Sz} \cdot 100 \tag{2.1}$$

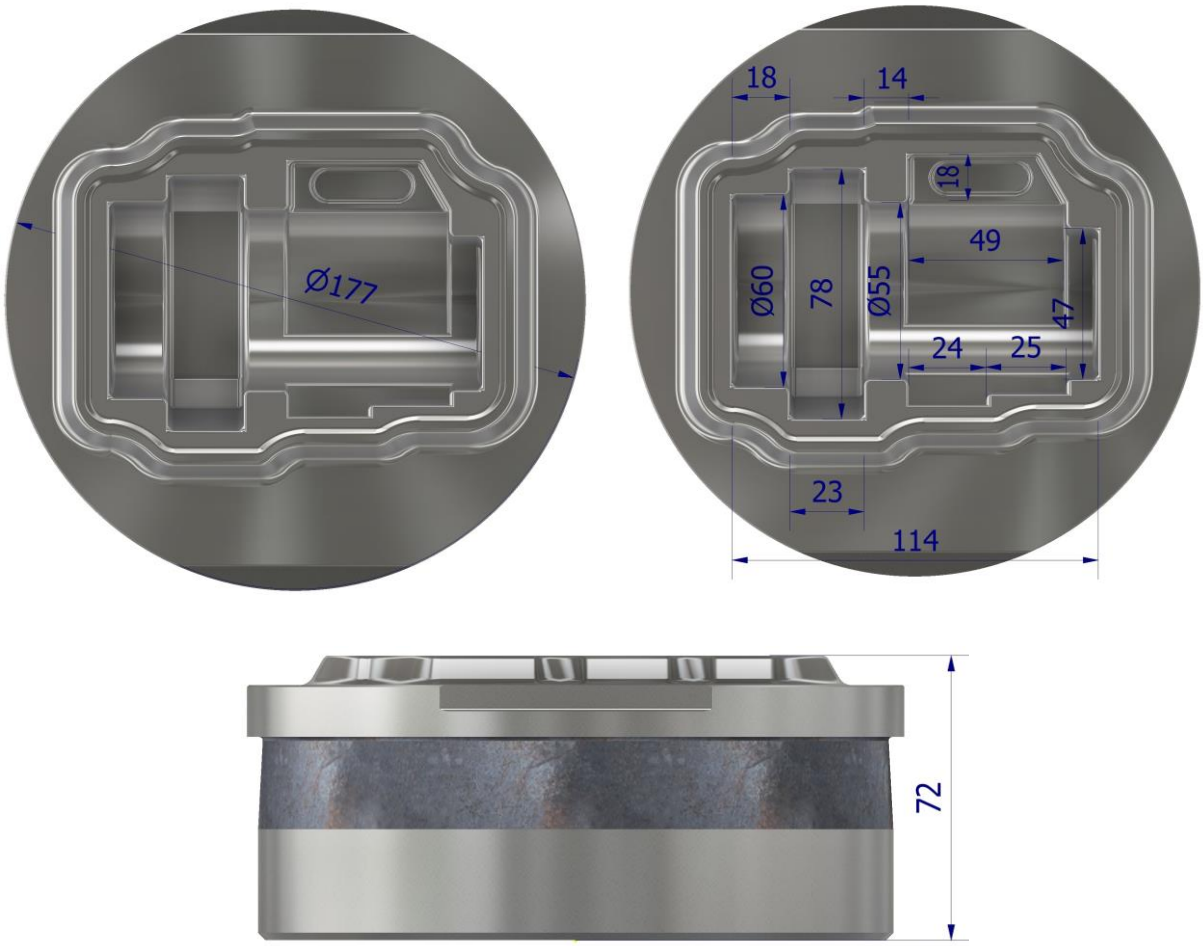
kde: Z – Hodnota zředění [%]
Sz – Plocha závaru [mm^2]
Sn – Plocha navařeného kovu [mm^2]



Obr. 28 Zředění svarového kovu a základního materiálu u návaru [2]

3 NÁVRH A PROVEDENÍ RENOVACE KOVACÍ VLOŽKY

Řešenou součástí je spodní zápustková kovací vložka kruhového tvaru, která má být zrenovována. Je vyrobena z nástrojové oceli 1.2367, v české normě pro tuto ocel není žádný ekvivalent. Tato ocel se používá pro vysoce výkonné tvářecí, kovací nástroje a zápustky. Má výborné mechanické vlastnosti a tvrdost 52 – 58 HRC. Pro renovaci zápustky bylo zvoleno svařování (navařování), konkrétně metoda ruční navařování elektrickým obloukem s obalovanou elektrodou. V dutině vložky se dokončuje výroba tvarového čepu menších rozměrů. Pro kování se používá svislý kovací lis LZK 1000 P/SH od firmy ŠMERAL s kovací silou 10 MN. Rozměry vložky a tvar je na obrázku 29.



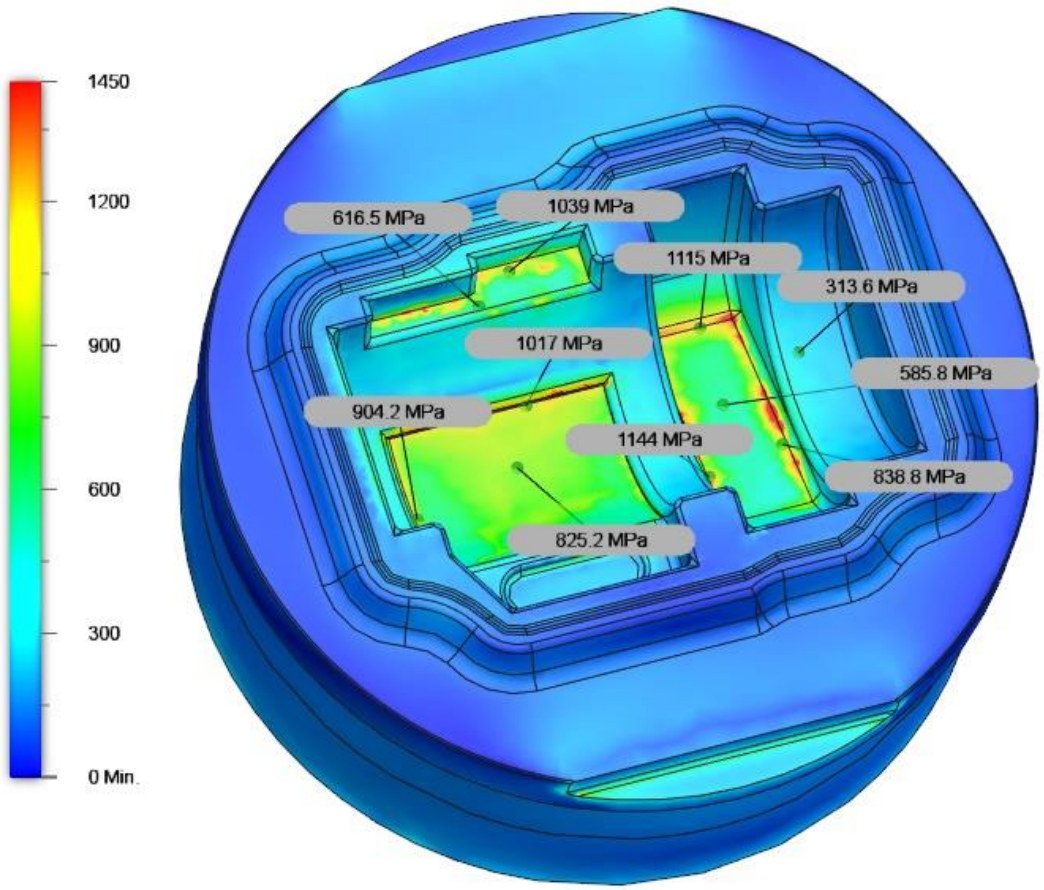
Obr. 29 Rozměry kovací vložky

Jak je vidět na obrázku 29, jedná se tedy o kovací vložku malých rozměrů. Hlavní rozměry, jakožto výška vložky je 72 mm a průměr 177 mm. Ostatní rozměry se pohybují v desítkách mm. Již na tomto obrázku je možné pochopit, proč byla zvolena metoda navařovaní ruční s obalenou elektrodou. Pro použití metod navařování MIG/MAG, WIG, laser a plazma by se obtížně dostávalo do míst dutiny. Pokud by se využilo těchto metod svařování, nedošlo by k dostatečné ochraně svarového kovu před okolní atmosférou. Tím je myšleno, že by např. hubice od MIG hořáku byla ve větší vzdálenosti od svarové lázně a plyn, který braní přístupu okolní atmosféry ke svarovému kovu, by byl rozptýlený do okolí. Tím by byl svarový kov nechráněn a vystaven působení prostředí.

3.1 Pevnostní analýza vložky

Obecně jsou zápustky namáhány mechanicky, z tohoto důvodu byla provedena pevnostní analýza. Analýzou namáhání vložky se docílí zjištění velikosti napětí v jednotlivých usecích dutiny vložky. Tím se mohou zjistit například kritická místa s vyšší hodnotou napětí. Zároveň v těchto místech po porovnání se současným stavem vložky, se určí místa pro navaření materiálu. Analýza je tedy důležitá i pro výběr elektrod. Tím, že se zjistí hodnoty napětí v navařovaných místech, se zabrání špatnému výběru přídavného materiálu a následné opětovné renovaci, která by musela být provedena díky špatné volbě elektrody. Tím by se zbytečně navýšily náklady a celý provoz by měl nižší efektivnost. Dá se říci, že zápustky vydrží např. 4 500 cyklů. Zrenovováním vložky se zvýší životnost řádově o několik tisíc cyklů a sníží se náklady v porovnání s koupí nové.

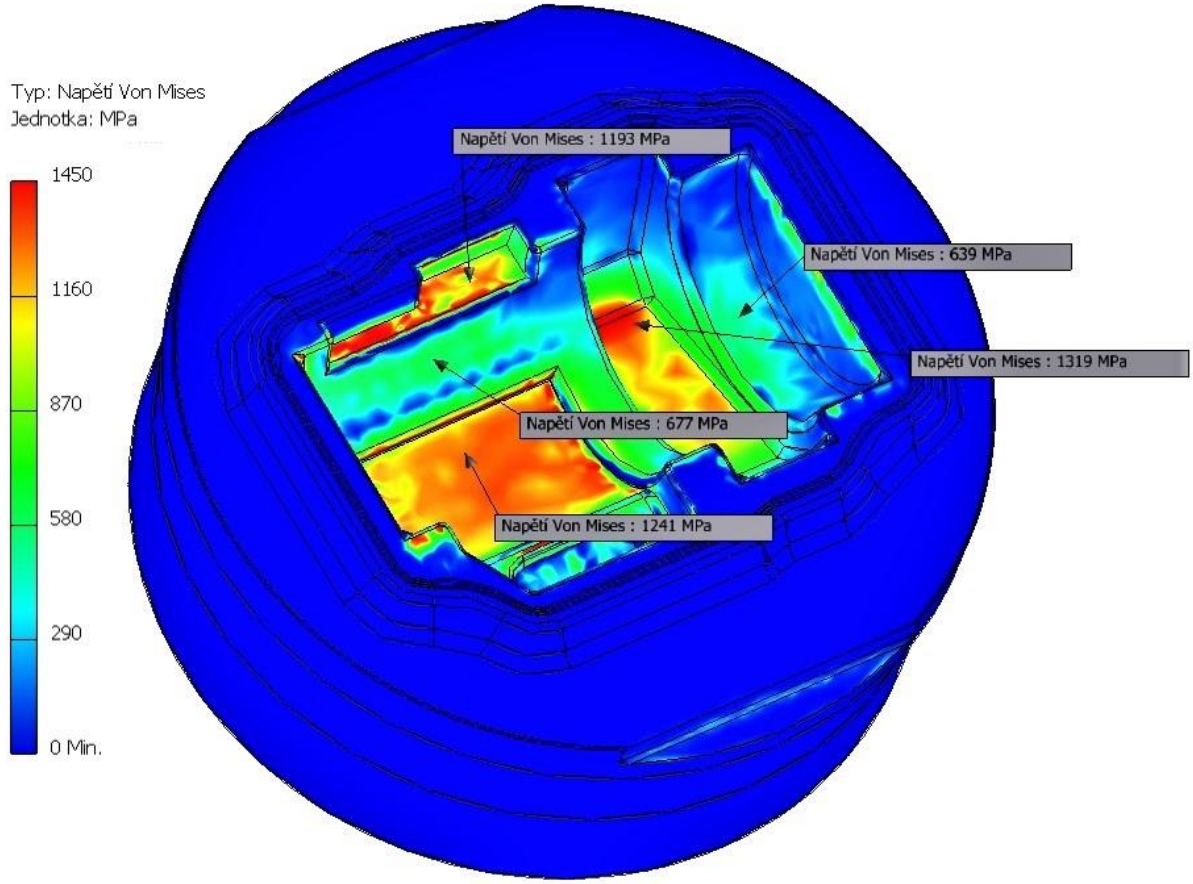
Pevnostní analýza se provedla pomocí programu Autodesk Fusion 360 (Obr. 30), který započítává vliv teploty a zatížení. A pro porovnání výsledků byla provedena ještě jedna analýza pomocí programu Autodesk Inventor Professional 2019 (Obr. 31), který počítá pouze se zatížením. Porovnání se provede za účelem správné indikace míst pro navaření.



Obr. 30 Pevnostní analýza pomocí Fusion 360

Při analýze byl zadán materiál vložky a materiál kovaného čepu. Počítalo se s teplotou kovaného materiálu, která se pohybuje okolo 900 °C. Dále byl započítán předehřev vložky, který se provádí za účelem snížení teplotního rozdílu. A samotné zatížení kovací silou 10 MN, která je vyvozena horní zápustkou a postupně přestupuje přes kovaný materiál až do dolní vložky. Softwar vytvořil síť, se kterou následně počítal analýzu. Tím, že se pro kování používá lis, se kovací síla vyvozuje klidně a postupně. Styk horní zápustky s dolní, je při použití lisu delší než u bucharu, což znamená také delší působení síly na dolní vložku. Napětí ve vložce je velké i z důvodu, že je vložka umístěna přímo v ose působení kovací síly. Při kování na bucharech dochází k velkým rázům s čím je spojeno i větší napětí v zápustkách.

Největší hodnoty napětí v analýze dosahují 1300 MPa. V obrázku z analýzy se vykreslily místa, ve kterých dosahuje napětí vysokých hodnot. Místa, kde napětí dosahují hodnot nad 1000 MPa se dají považovat za místa pro provedení návaru.



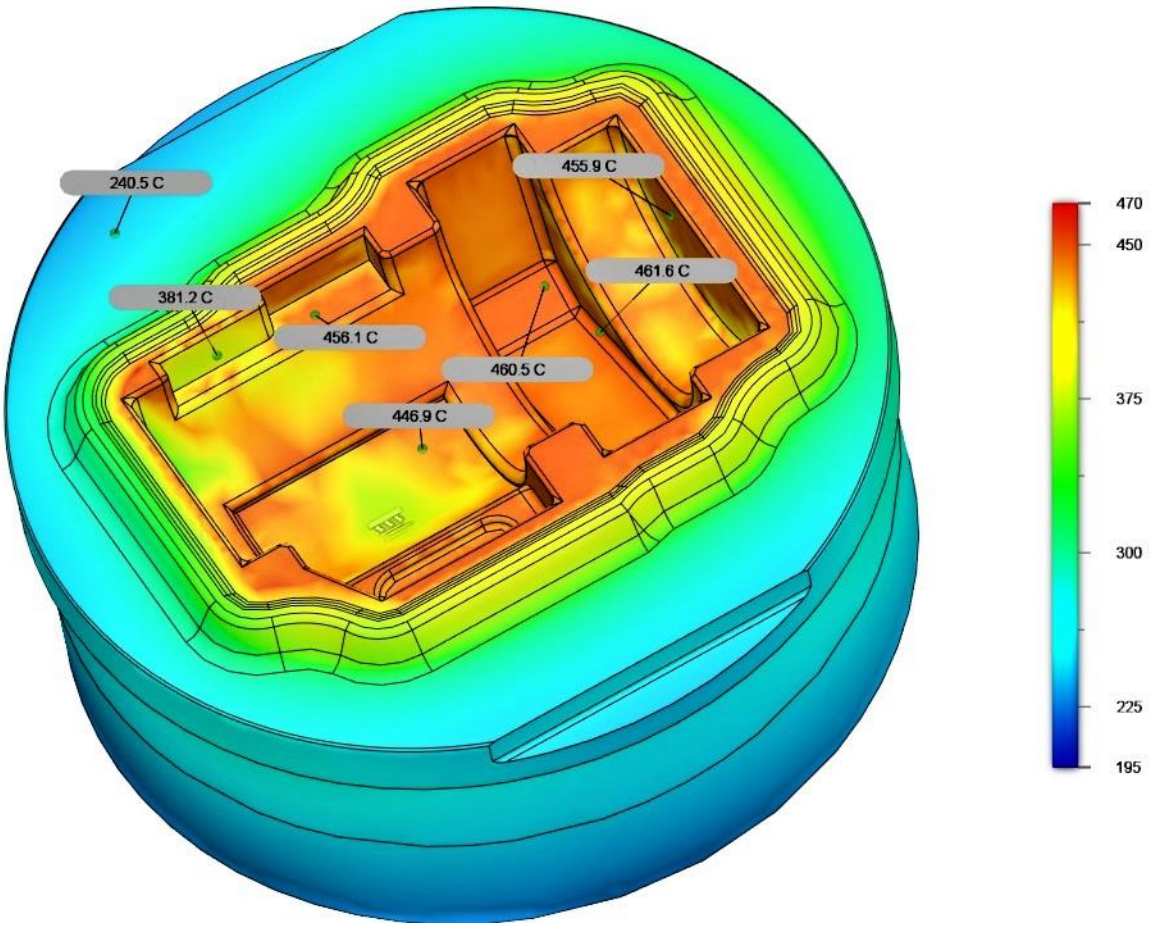
Obr. 31 Pevnostní analýza pomocí Inventor Professional

Na obrázku 31 je pro porovnání analýza pomocí programu Inventor professional 2019. V tomto programu nelze započítat teplotní vlivy do analýzy a proto jsou hodnoty napětí odlišné, od hodnot napětí v programu Fusion 360. Porovnání se provedlo pro kontrolu správnosti určení míst s vysokou hodnotou napětí. Na obou obrázcích jsou vidět vysoké hodnoty napětí ve stejných místech. Tyto místa se tedy porovnají se současným stavem vložky a následně se zvolí místa pro návary.

3.2 Termální analýza vložky

Dalším druhem namáhání zápustek je tepelné namáhání. Termální analýza se provedla za účelem zjištění teplot ve vložce. Obecně se teploty povrchu zápustek pohybují okolo 500 °C a v některých případech mohou mít i výstupky až 600 °C. Hodnoty teplot se musí určit pro volbu přídavného materiálu, protože každá elektroda je pro jiné použití a jinou teplotu. Některé elektrody jsou použitelné do 400 °C a jiné pro vyšší teplotu. Špatnou volbou elektrody může dojít například k popuštění návarového kovu při pracovním cyklu vložky, tím se sníží tvrdost a pevnost návarového kovu. A z tohoto se odvozuje menší životnost.

Termální analýza byla provedena pomocí programu Fusion 360 (Obr. 32). V analýze je zohledněna teplota kovaného materiálu a předehřev vložky ke snížení teplotního rozdílu. Dále je započítána hodnota tepelné vodivosti jednotlivých materiálů. Není specifikovaná doba pracovního cyklu vložky, proto se provedla analýza pro pracovní cyklus dlouhý 8 hodin. Tím je myšlen jednosměnný provoz



Obr. 32 Termální analýza pomocí Fusion 360

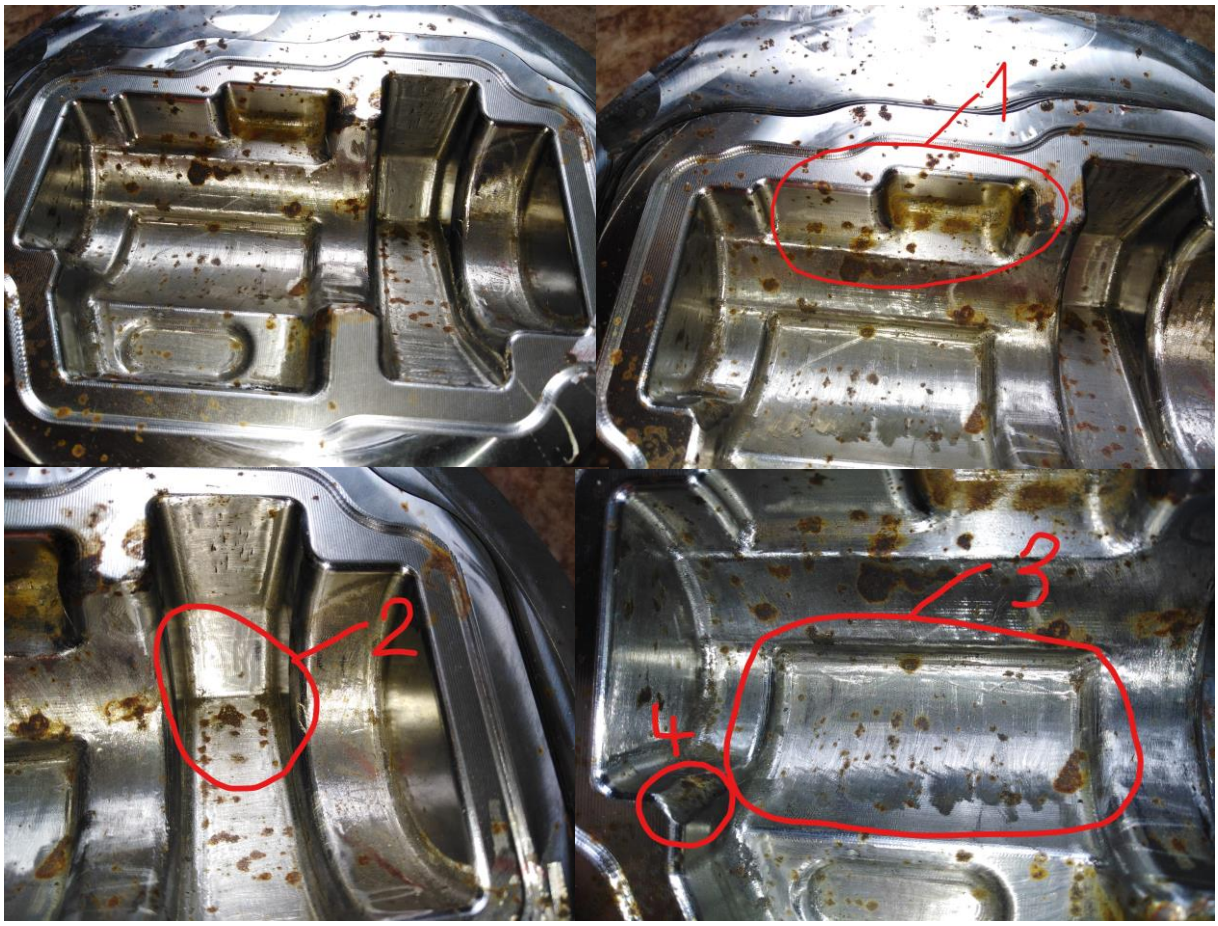
Použitím lisu pro kování dochází k delšímu styku horní zápustky s dolní zápustkou. Tímto dochází k delšímu přestupu tepla z kovaného materiálu do vložky. Dalším prodloužením přestupu tepla je manuální manipulace s výkovkem. Obecně platí, že teplo přechází z místa s vyšší teplotou do místa s nižší teplotou.

Teploty tedy dosahují na povrchu dutiny až 460 °C bráno pro 8 hodinovou pracovní dobu. Není přesně známa doba pracovního cyklu, proto by se mohly pro navaření použít i elektrody pro teplotu do 400 °C. Protože s kratší dobou pracovního cyklu nedojde k takovému prohřátí vložky. Teplotou do 400 °C jsou myšleny například elektrody pro navařování nástrojů pro práci za studena. Některé elektrody pro navařování nástrojů pracujících za studena jsou použitelné i ve výšších teplotách, ale to záleží na druhu a výrobci elektrod.

3.3 Současný stav kovací vložky

Kovací vložka je vyrobena z nástrojové oceli 1.2367 (DIN X38CrMoV53). Vložka po vyrobení byla žíhána na měkko při teplotě 800 °C. Čímž se zvýšila obrobitelnost materiálu, potřebná pro výrobu dutiny. Dutina byla vyrobena frézováním. Po vyrobení dutiny proběhlo kalení na vzduchu z teploty 1050 °C. Následovalo popuštění při teplotě 600 °C na tvrdost 52 HRC.

Vložka byla používána pro kování tvarového čepu. Hodnota pracovních cyklů, při kterých byla vložka používána, se pohybovalo okolo 2500 cyklů. Následně byla vložka vyřazena z provozu, jelikož se přistoupilo k výrobě jiného druhu čepu. Na obrázku 33 je vidět tvar a současný stav vložky.



Obr. 33 Současný stav kovací vložky

Na obrázku 33 je vidět tvar dutiny vložky a vyznačená opotřebená místa. Pozice 1 označuje místo kde došlo k otlačení dutiny a tím se změnily rozměry a tolerance daného místa. Pozice 2 je místo kde došlo opět k otlačení materiálu a ke změně tolerancí výkovku. Jelikož jsou to místa ve kterých výkovek není po vykování obráběn a je to funkční plocha musí mít dutina v těchto místech požadovanou drsnost a rozměry v toleranci. Pozice 3 je místo kde došlo k abrazivnímu opotřebení a přechod rádiusy je otlačen a nesplňuje výrobní požadavky na kvalitu a toleranci výkovku. V místě označeném číslem 4 došlo k otlačení přechodu mezi jednotlivými výstupky dutiny, ale toto místo na výkovku není funkční plochou ani se neobrábí.

Všechna takto označená místa korespondují s pevnostní analýzou vložky a dochází v nich k velké koncentraci napětí. Proto místa 1, 2 a 3 jsou zvolena pro návar materiálu. Čímž se doplní materiál a bude následně postupně opracováván do konečné podoby. Pozice číslo 4 se

nebude navařovat, protože jak bylo řečeno nejedná se o funkční plochu na výkovku ani v tomto místě neprobíhá obrábění. Tato plocha se tedy vynechá.

3.4 Volba elektrod [5], [49], [51], [50]

Při volbě elektrod se musí zohlednit teplota, při které vložka pracuje a zatížení vložky. Dalším faktorem, kterým se musí řídit výběr elektrod je chemické složení základního materiálu a tvrdost základního materiálu. Elektroda se musí přiblížit co nejvíce chemickým složením a tvrdostí k základnímu materiálu.

Při dodržení těchto požadavků byly vybrány tyto elektrody: UTP DUR 600, WEARSHIELD 420, capilla 66 a UTP 65.

- **UTP DUR 600:**

  Jedná se o bazickou návarovou elektrodu používanou pro univerzální pancéřování dílů. Využívá se pro renovace ploch a střižných hran nástrojů pro práci za studena. Tvrdost čistého svarového kovu se pohybuje mezi 56 – 58 HRC. Po kalení dosahuje tvrdosti až 60 HRC. Rozměry elektrody jsou: Ø 2,5 mm a délka l je 300 mm. Svařovací proud je v rozmezí 80 až 100 A. Tato eletroda disponuje dobrými vlastnostmi, například rovnoměrným odtavováním a klidným obloukem. Chemické složení elektrody je v tabulce 3 a materiálový list je v příloze 2.

Tab. 3 Chemické složení elektrody UTP DUR 600. [49]

Prvek	C	Si	Mn	Cr
Obsah %	0,5	2,3	0,4	9,0

- **WEARSHIELD 420:**

  Je to návarová elektroda od firmy Lincoln Electric, která se používá pro tvrdé návary. Elektroda má hrubý povlak a vytváří návar podobný nerezavějící oceli. Přední vlastností je vysoká kvalita návaru, vynikající charakteristika oblouku a malý rozstřik. Rozměry elektrody jsou: Ø 3,2 mm a délka l je 350 mm. Svařovací proud se pohybuje od 90 do 130 A. Tvrdost svarového kovu dosahuje 55 HRC. Chemické složení elektrody je v tabulce 4 a materiálový list je v příloze 3.

Tab. 4 Chemické složení elektrody WEARSHIELD 420. [51]

Prvek	C	Si	Mn	Cr	Mo	V
Obsah %	0,5	0,4	0,3	12,4	0,4	1,3

- **Capilla 66:**

  Návarová elektroda s rutil – bazickým obalem. Návar je vysoce odolný abrazivnímu opotřebení a tlaku. Používá se pro renovace tvářecí nástrojů pracujících za tepla, zejména na zápustky. Rozměry elektrody jsou: Ø 5 mm a délka l je 450 mm. Svařovací proud se pohybuje od 190 do 260 A. Tvrdost svarového kovu dosahuje 50 až 55 HRC. Chemické složení elektrody je v tabulce 5 a materiálový list je v příloze 4.

Tab. 5 Chemické složení elektrody Capilla 66. [5]

Prvek	C	Ni	W	Cr	Mo	V
Obsah %	0,4	0,4 – 0,7	6 - 8	6 - 8	1 – 1,5	0,5 - 0,8

- **UTP 65:**
  Tato elektroda má rutilový obal, používá se pro svařování obtížně svařitelných ocelí. Dobře odolává vzniku trhlin. Používá se při svařování manganové oceli a nástrojové oceli. Pro svařování nástrojových ocelí pro práci za tepla i studena. Dále se používá jako výplň pod tvrdé a houževnaté návary. Elektroda má klidný, stabilní oblouk a dobrou odstranitelnost strusky. Rozměry elektrody jsou: Ø 2 mm a délka l je 250 mm. Svařovací proud se pohybuje od 45 do 60 A. Tvrdost svarového kovu dosahuje 240 HB. Chemické složení elektrody je v tabulce 6 a materiálový list je v příloze 5.

Tab. 6 Chemické složení elektrody UTP 65. [50]

Prvek	C	Si	Mn	Cr	Ni
Obsah %	0,1	1,0	1,0	29	9

3.5 Zkušební návary [55], [64]

Před samotným použitím elektrod se provedli zkušební návary všemi elektrodami. Návary se provedli kvůli zjištění optimálního svařovacího proudu. Dále proto, aby bylo možné změřit tvrdost návarového kovu, jelikož měřit tvrdost na vložce by bylo obtížné. A nakonec pro zjištění plochy návaru a závaru, která je potřebná pro výpočet zředění svarového kovu a základního materiálu.

Pro navaření zkušebních návarů byl použit zdroj od firmy FRONIUS TransPocket 3500 (Obr. 34). Tento zdroj svařuje s rutilovými, bazickými a celulózovými elektrodami až o průměru 5 mm. Je to malé, lehké a přenosné zařízení. Díky ideální charakteristice je stabilní oblouk. Disponuje bezrozstřikovým zapalováním pro hladký začátek svaru. Snado zapaluje oblouk rutilových a celulózových elektrod.

Obr. 34 TransPocket 3500 [55]

Elektrody byly nově zakoupené, nebyly nikde skladované a okamžitě se použily. Před použitím bylo nutné elektrody přesušit. Všechny elektrody se sušily přibližně 2 hodiny při teplotě 100 °C. Pro přesušení byla použita sušící pec (Obr. 35). Pokud by se elektrody nevysušily, obsahoval by svarový kov vysokou hodnotu difuzního vodíku a také by se špatně zapaloval oblouk.

Pro zkušební návary se zvolil jako základní materiál ČSN 11 375 (S 325 JR). Je to neušlechtilá konstrukční ocel, vhodná pro obvyklé metody svařování.

Obr. 35 Sušící pec [64]

- **Návar pomocí elektrody UTP DUR 600:**

Návar provedený elektrodou UTP DUR 600 je na obrázku 36. Při svařování byla elektroda připojena na kladný pól. Nejprve se provedla zkušební housenka pro určení správného svařovacího proudu. Jako optimální svařovací proud byla zvolena hodnota 90 A.

Obr. 36 Návar elektrodou UTP DUR 600

- **Návar pomocí elektrody WEARSHIELD 420:**

Návar s použitím elektrody WEARSHIELD 420 je na obrázku 37. Elektroda byla připojena na kladný pól. Opět byla provedena zkušební housenka pro nastavení optimálního svařovacího proudu. Proud doporučený výrobcem je v rozmezí 90 až 130 A. Jako optimální svařovací proud byla zvolena hodnota 100 A. Při tomto proudu byl stabilní oblouk a lehce se zapaloval.

Obr. 37 Návar elektrodou WEARSHIELD 420

- **Návar pomocí elektrody capilla 66:**

Návar s použitím elektrody capilla 66 je na obrázku 38. Elektroda byla připojena na kladný pól. Opět byla provedena zkušební housenka pro nastavení optimálního svařovacího proudu. Proud doporučený výrobcem pro rozměry elektrody je v rozmezí 190 až 260 A. Po provedení zkušební housenky byl nastaven svařovací proud o hodnotě 190 A. Tento návar byl proveden jako dvouvrstvý. Elektroda se vedla po stranách obdélníku po směru hodinových ručiček.

Obr. 38 Návar elektrodou capilla 66

- **Návar pomocí elektrody UTP 65:**

Návar s použitím elektrody UTP 65 je na obrázku 39. Elektroda byla připojena na kladný pól. Opět byla provedena zkušební housenka pro nastavení optimálního svařovacího proudu. Proud doporučený výrobcem pro rozměry elektrody je v rozmezí 45 až 65 A. Po provedení zkušební housenky byl nastaven svařovací proud o hodnotě 55 A. Tato elektroda nebyla vybrána pro přímé navařování, ale spíše pro případnou mezivrstvu při provedení vícevrstvého návaru tvrdší elektrodou. Mezivrstvu se doporučuje použít při navařování 3 až 4 vrstev návaru.

Obr. 39 Návar elektrodou UTP 65

3.6 Měření tvrdosti a výpočet zředění [3], [26], [30], [67]

Před samotným měření tvrdosti se musely jednotlivé vzorky připravit. Zkušební návary byly provedeny na jednu stejnou ocelovou desku. Pro rychlejší oddělení návarů se použilo řezání plazmou. Při tomto řezaní se muselo dát pozor na místa návaru, aby nedošlo k jejich teplotnímu ovlivnění. To znamená, že jednotlivé řezy musely být vedené v dostatečné vzdálenosti od navařeného materiálu. Pro řezání se použilo zařízení od firmy ESAB LPH 50 (Obr. 40). Toto zařízení je zkonstruováno pro řezání pláto do tloušťky 12 mm.

Obr. 40 LPH 50 [26]

Po nařezání vzorků pomocí plazmy, bylo potřeba provést řez kolmo na návary. Vzorky se upnuly do svěráku rozbrušovací pily pro přípravu vzorků a následně se přeřízly kolmo na osu návaru. Pro přeříznutí vzorků byla použita rozbrušovací pila Struers Labotom 5. Tato pila je vidět na obrázku 41.

Rozbrušovací pila Struers Labotom 5 má robustní konstrukci. Pila je snadná na ovládání a řezání je prováděno manuálně obsluhou. Toto zařízení se hojně využívá v laboratořích i ve výrobě. Průměr řezacího kotouče je 250 mm. Samotná pila je vybavena krytem a ovládacím panelem. Na pracovním stole je upevněný svěrák pro připevnění vzorků.

Obr. 41 Pila Struers Labotom 5 [30]

Dalším krokem pro přípravu vzorku na měření tvrdosti bylo broušení. Brousily se plochy, které vznikly řezem na rozbrušovací pile a bude se na nich provádět měření. Broušení se provedlo pod vodou, postupně jednotlivými brusnými papíry od zrnitosti 80 až po zrnitost papíru 800. Pro broušení se použilo brousící zařízení ATM Saphir 330 (Obr. 42).

Obr. 42 Brusné zařízení ATM Saphir 330 [3]

Pro měření tvrdosti byl použit měřící přístroj ZWICK 3212 (Obr. 43), u kterého je možné regulovat velikost zatížení pomocí přídavného závaží. Tento přístroj měří tvrdost dle Vickerse. To znamená že je do zkušebního materiálu vtlačován diamantový pravidelný čtyřboký jehlan s vrcholovým úhlem 136 °. Přistroj je propojený pomocí kamery s počítačem, na kterém je použit program pro měření tvrdosti testXpert. Pomocí kamery se na obrazovce zobrazí v daném zvětšení vtisk a měří se uhlopříčky vtisku. Následné vyhodnocení zajistí již zmíněný program.

Obr. 43 Zařízení Zwick 3212 [67]

Každý vzorek byl měřený ve dvou řadách vtisků. První řada byla vedena na rozmezí návarový kov a základní materiál. A druhá řada vtisků byla vedena v návarovém materiálu. Zatížení bylo zvoleno pomocí přídavného závaží o hmotnosti 5 kg.

Při měření tvrdosti vzorku s návarem elektrodou UTP DUR 600 se postupovalo po 0,5 mm. A druhá řada vtisků byla vedena 1,5 mm od vrcholu návaru.

Při měření návaru elektrodou WEARSHIELD 420 se měřilo opět po 0,5 mm a druhá řada vtisků byla vedena 2 mm od vrcholu návaru.

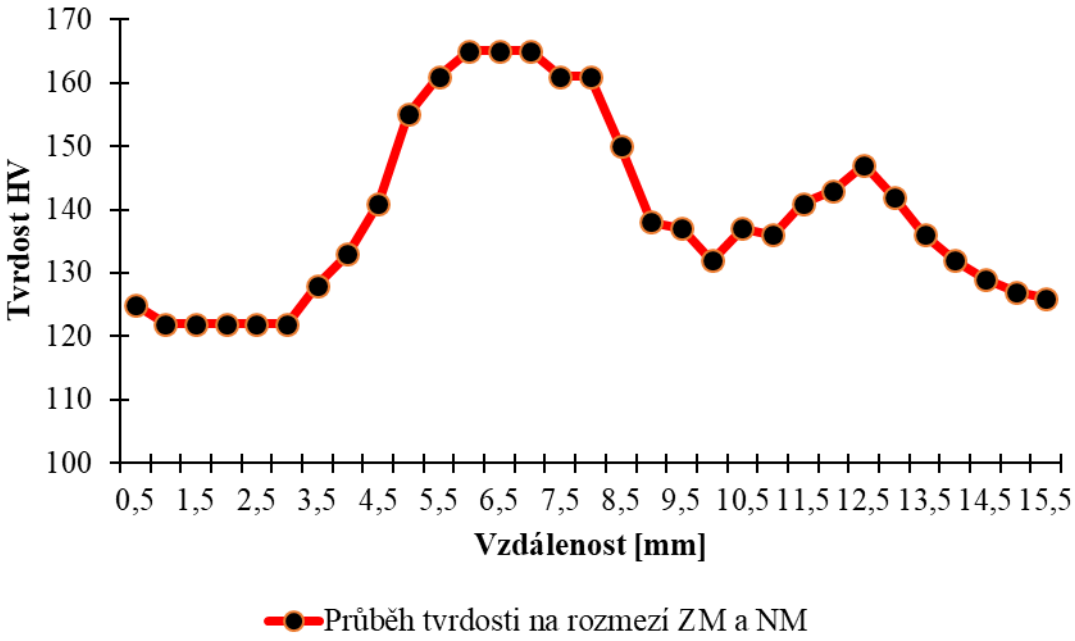
Měření návaru elektrodou capilla 66 bylo provedeno po 1 mm. Tento návar měl největší plochu, což znamená zbytečně zdlouhavé měření a dvojnásobný počet měření. Druhá řada vtisků byla vedena v návarovém materiálu a ve vzdálenosti 2 mm od vrcholu návaru.

Návar elektrodou UTP 65 nebyl měřen na tvrdost z důvodu velmi nízké tvrdosti předepsané od výrobce. A dalším důvodem neměření tvrdosti bylo, že se případně tato elektroda použije pouze na mezivrstvu.

Takto naměřené hodnoty pro elektrody byly zpracovány do grafu se závislostí tvrdosti na vzdálenosti (Obr. 43, Obr. 44, Obr. 45, Obr. 46, Obr. 47 a Obr. 48).

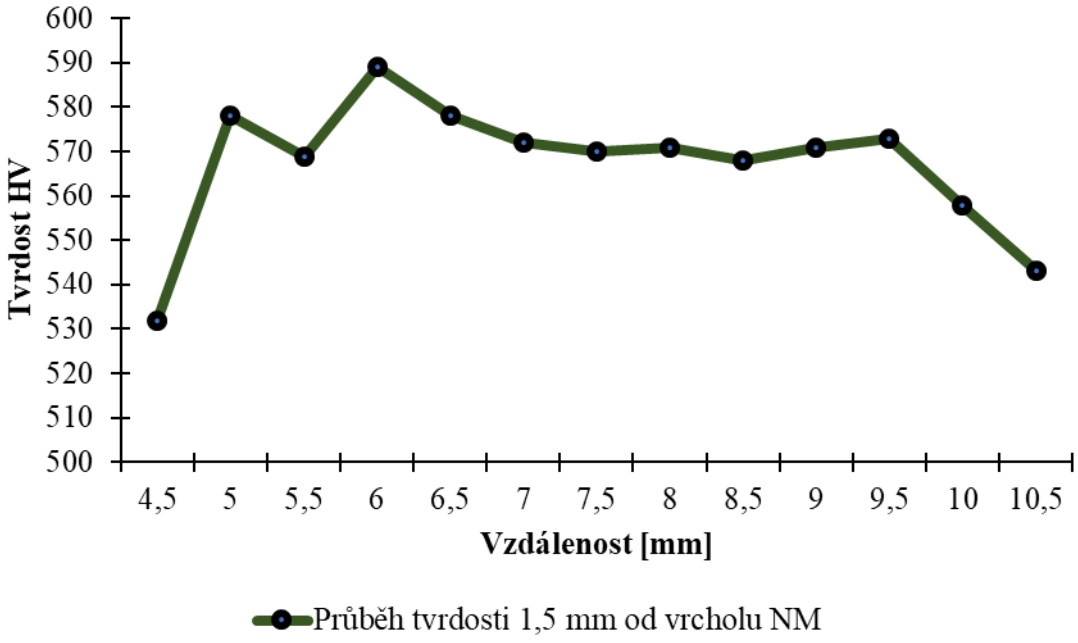
➢ **Tvrdost návarového kovu elektrody UTP DUR 600:**

Na obrázku 44 je vidět závislost tvrdosti na vzdálenosti na rozmezí mezi základním a návarovým materiálem. V krajních polohách je tvrdost menší s postupným nárustem na tvrdost až 165 HV.



Obr. 44 Graf závislosti tvrdosti na vzdálenosti UTP DUR 600 na rozmezí ZM a NM

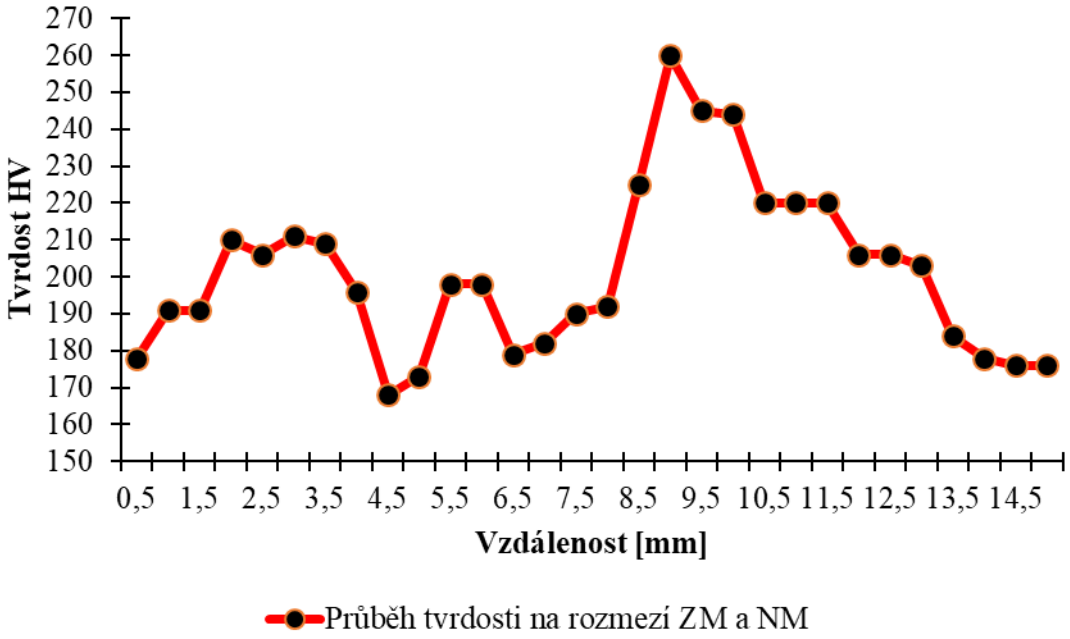
Na obrázku 45 je vidět závislost tvrdosti na vzdálenosti, toto měření bylo provedno na přímce 1,5 mm od vrcholu návaru. Tvrdost svarového kovu předepsaná výrobcem je 56 – 58 HRC. Návar si udržuje vysokou tvrdost v celém měřeném úseku, kde se hodnoty pohybují okolo 580 HV.



Obr. 45 Graf závislosti tvrdosti na vzdálenosti UTP DUR 600 v NM

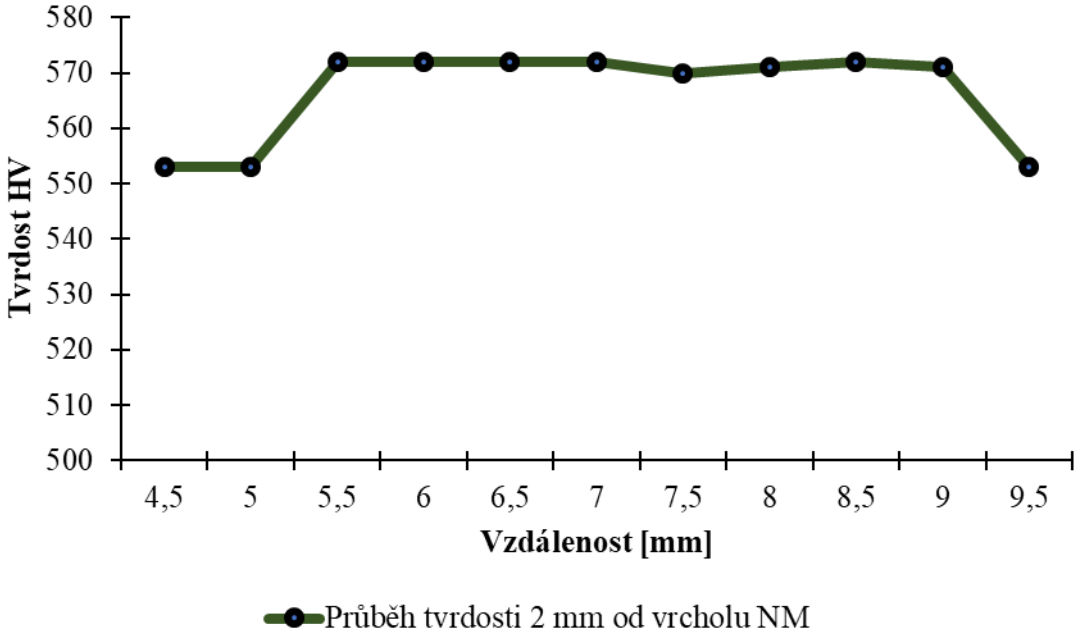
➢ **Tvrdost návarového kovu elektrody WEARSHIELD 420:**

Na obrázku 46 je vidět závislost tvrdosti na vzdálenosti na rozmezí mezi základním a návarovým materiálem. V krajních polohách je tvrdost menší s postupným nárustem na tvrdost až 260 HV. V krajních polohách je tvrdost menší, protože měření bylo provedeno v teplotně ovlivněné oblasti.



Obr. 46 Graf závislosti tvrdosti na vzdálenosti WEARSHIELD 420 na rozmezí ZM a NM

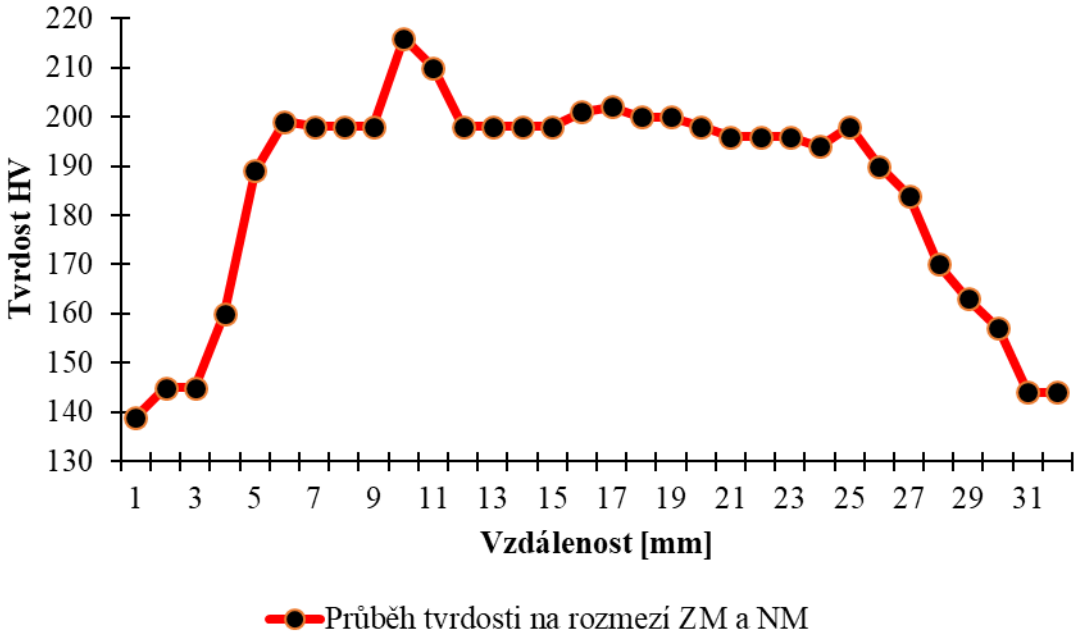
Na obrázku 47 je vidět závislost tvrdosti na vzdálenosti, toto měření bylo provedno na přímce 2 mm od vrcholu návaru. Tvrdost svarového kovu předepsaná výrobcem je 55 HRC. Návar si udržuje vysokou tvrdost v celém měřeném úseku, kde se hodnoty pohybují okolo 570 HV.



Obr. 47 Graf závislosti tvrdosti na vzdálenosti WEARSHIELD 420 v NM

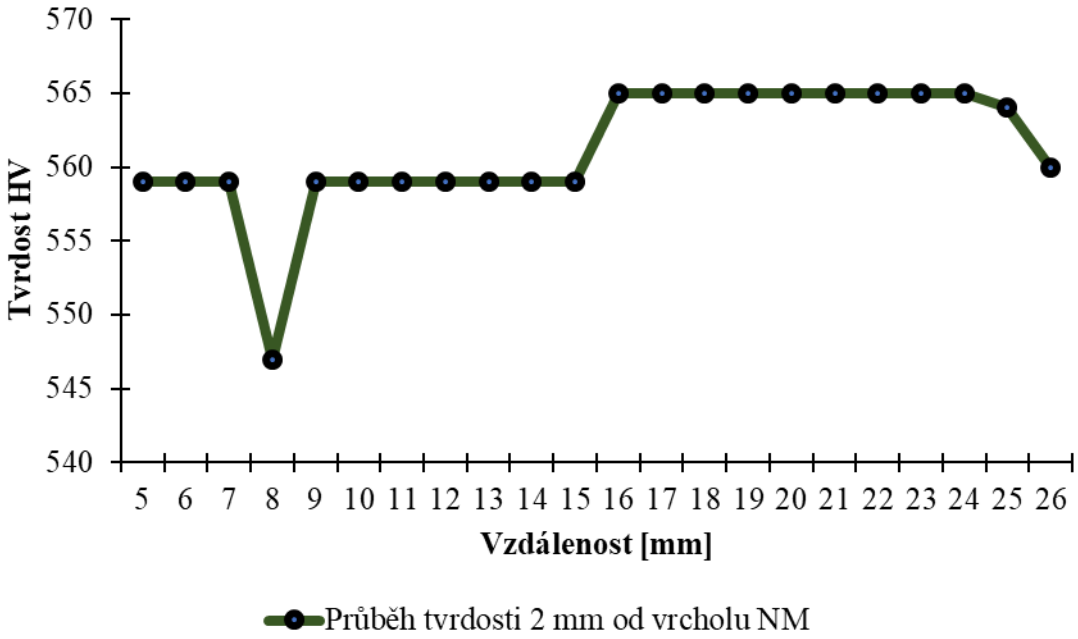
➢ **Tvrdost návarového kovu elektrody capilla 66:**

Na obrázku 48 je vidět závislost tvrdosti na vzdálenosti návaru vytvořeného elektrodou capilla 66. Měření bylo provedeno opět na rozmezí mezi základním materiálem a návarovým materiálem. Kvůli velké ploše v řezu návaru, se měření provedlo po 1 mm.



Obr. 48 Graf závislosti tvrdosti na vzdálenosti capilla 66 na rozmezí ZM a NM

Na obrázku 49 je vidět závislost tvrdosti na vzdálenosti, toto měření bylo provedno na přímce 2 mm od vrcholu návaru a po 1 mm. Tvrdost svarového kovu předepsaná 50 až 55 HRC. Návar si udržuje vysokou tvrdost ve střední oblasti měřeného úseku, kde se hodnoty pohybují okolo 560 HV. Naměřené hodnoty souhlasí s tvrdostí od výrobce.



Obr. 49 Graf závislosti tvrdosti na vzdálenosti capilla 66 v NM

➢ **Zředění svarového kovu se základním materiálem:**

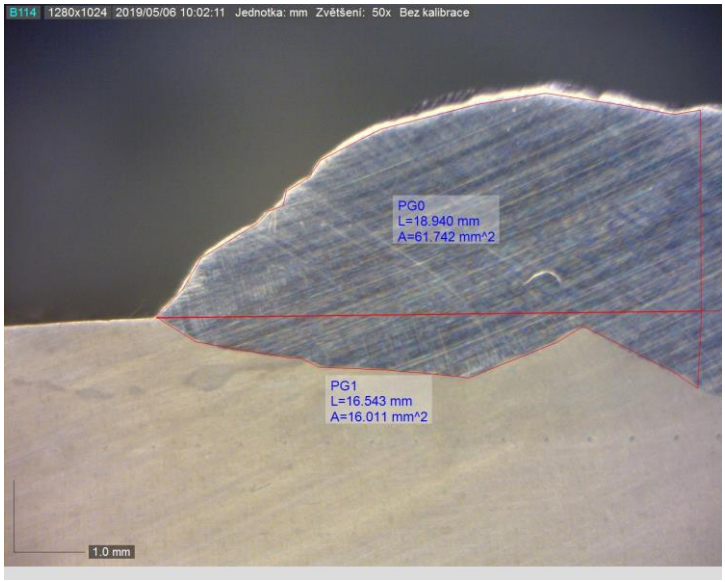
Pro zjištěná zředění svarového kovu je nutné zjistit obsahy ploch návaru (Sn) a závaru (Sz). Po měření tvrdosti zůstaly v plochách návarů vtisku, které se musí odstranit. Dále plochy byly delší dobu vystaveny okolní atmosféře, tudíž se na nich začala tvořit koroze. Je nutné před měřením provést opětovné broušení pod vodou na zařízení ATM Saphir 330. Pro broušení byly použity brusné papíry o zrnitosti od 80 do zrnitosti 1200.

Pro měření ploch je důležité vyvolat makrostrukturu. Makrostruktura byla vyvolána leptáním vzorků. Jako leptadlo bylo použito 10 % Nital.

Pro zjištění ploch byl použit Stereomikroskop SSM – 5E od firmy Schut. Mikroskop má připojenou kameru Dino – Eye Eyepiece, která je propojena s počítačem. Zvětšení bylo nastaveno na 50 x. Následně v programu Dino Capture 2.0 byly ohraničeny plochy závaru a návaru. Tím že se plochy ohraničili a obvod křivky se uzavřel program vyhodnotil velikost ploch.

- **Zředění svarového kovu UTP DUR 600:**

Pro výpočet zředění se musí znát plocha návaru (Sn) a plochu závaru (Sz). Plochy jsou vyznačené na obrázku 50. Výpočet je proveden dle vzorce (2.1)



$$Z = \frac{Sz}{Sn + Sz} \cdot 100 =$$

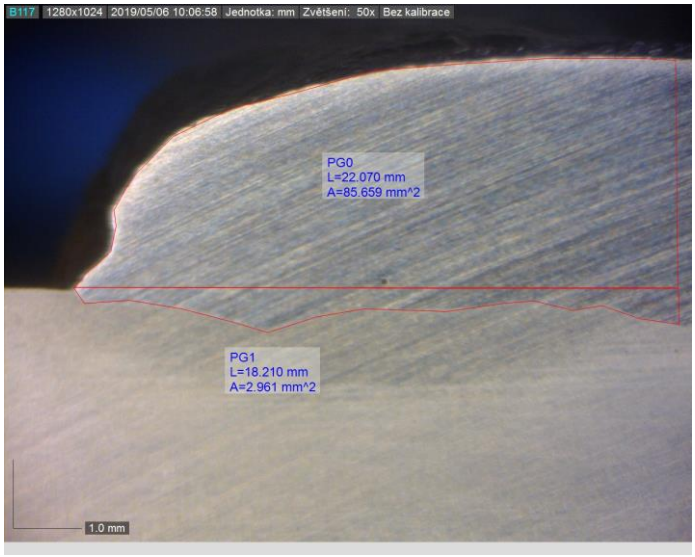
$$= \frac{16{,}011}{61{,}742 + 16{,}011} \cdot 100 =$$

$$Z = 20{,}59\ \%$$

Zředění materiálu pro UTP DUR 600 vyšlo Z = 20,59%. Toto zředění je příliš veliké, protože při navařování se zředění pohybuje přibližně mezi 5 až 10%. Tato skutečnost se musí zohlednit při konečném výběru elektrody.

Obr. 50 Plocha návaru a závaru UTP DUR 600

- **Zředění svarového kovu WEARSHIELD 420:**
  Plocha návaru (Sn) a plocha závaru (Sz) je vidět na obrázku 51.



$$Z = \frac{Sz}{Sn + Sz} \cdot 100 =$$

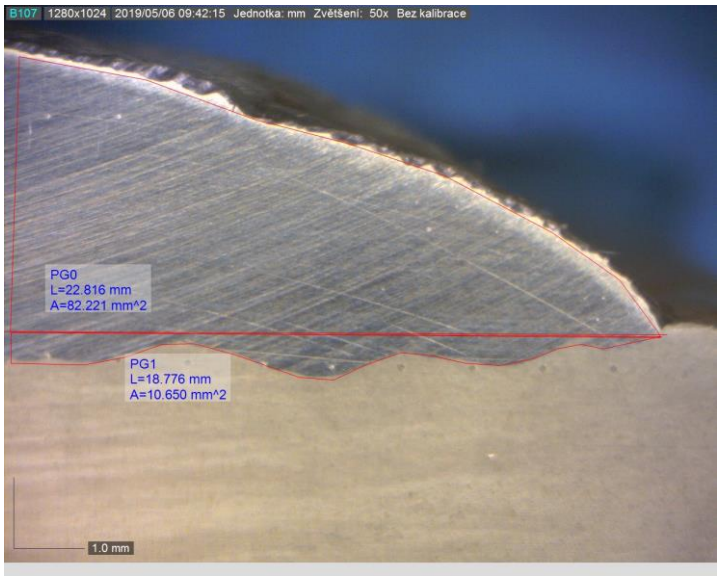
$$= \frac{2{,}961}{85{,}659 + 2{,}961} \cdot 100 =$$

$$Z = 3{,}4\ \%$$

Zředění materiálu pro WEARSHIELD 420 vyšlo Z = 3,4 %. Toto zředění je naopak pod hodnotami pro navařování. To se musí opět zohlednit při volbě elektrody pro vyvaření vložky.

Obr. 51 Plocha návaru a závaru WEARSHIELD 420

- **Zředění svarového kovu Capilla 66:**
  Plocha návaru (Sn) a plocha závaru (Sz) je vidět na obrázku 52.



$$Z = \frac{Sz}{Sn + Sz} \cdot 100 =$$

$$= \frac{10{,}65}{82{,}221 + 10{,}65} \cdot 100 =$$

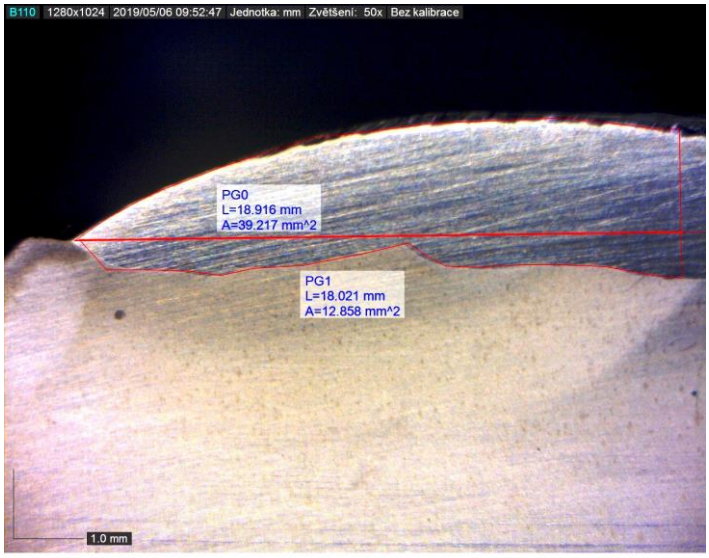
$$Z = 11{,}5\ \%$$

Zředění materiálu pro Capilla 66 vyšlo Z = 11,5 %. Toto zředění se uznává jako přijatelné je blízko rozmezí 5 až 10 %. Rozmezí se udává přibližně není přesně specifikováno.

Obr. 52 Plocha návaru a závaru Capilla 66

- **Zředění svarového kovu UTP 65:**

Plocha návaru (Sn) a plocha závaru (Sz) je vidět na obrázku 53.



$$Z = \frac{Sz}{Sn + Sz} \cdot 100 =$$

$$= \frac{12{,}858}{39{,}217 + 12{,}858} \cdot 100 =$$

$$Z = 24{,}7\ \%$$

Zředění materiálu pro UTP 65 vyšlo Z = 24,7 %. Toto zředění je velmi vysoké, ale jelikož se tato elektroda použije pro případnou mezivrstvu, je zředění přijatelné.

Obr. 53 Plocha návaru a závaru UTP 65

➢ **Konečný výběr elektrody pro vyvaření dutiny vložky:**

Při výběru elektrody pro vyvaření dutiny se zohlední chemické složení, které má být co nejvíce podobné základnímu materiálu (1.2367). Chemickým složením se nejvíce k základnímu materiálu blíží elektroda Capilla 66. Dále se bere v úvahu tvrdost základního materiálu, která je 52 HRC. Tuto podmínku splňuje elektroda WEARSHIELD 420, Capilla 66 a UTP DUR 600. Dalším parametrem pro výběr elektrody je zředění. To by se při navařování mělo pohybovat v rozmezí 5 až 10 %. Zředění je splněno u elektrody Capilla 66, kde je zředění 11,5 %. Zředění je blízko rozmezí a musí se vzít v úvahu nepřesnost měření plochy, zapříčiněná ručním označováním plochy. V neposlední řadě se bere v potaz teplota, které bude návar vystaven. Podle termální analýzy se tedy při 8 hod. provozu pohybuje teplota okolo 460 °C. Tuto podmínku splňuje elektroda Capilla 66, která se používá pro navařování nástrojů pracujících za tepla. Teplotu použití splňuje i elektroda UTP 65, která se používá pro navařování nástrojů pracujících za tepla i studena. Elektrody WEARSHIELD 420 a UTP DUR 600 se používají pro navařování hran mísičů, lžic bagrů a nástrojů pracujících za studena.

Jako elektroda pro vyvaření dutiny vložky se tedy volí elektroda Capilla 66, protože splňuje všechny výše uvedené požadavky. V dutině není tak velké opotřebení, aby se muselo použít 4 a více vrstev návaru, proto se elektroda UTP 65 nepoužije.

3.7 Vyvaření dutiny vložky a návrh opracování povrchu návaru

Pro vyvaření dutiny vložky se tedy použije elektroda Capilla 66 a jako zdroj TransPocket 3500 od firmy fronius. Svařovací proud použitý při vyvařování dutiny je 190 A. Místa, která jsou navržena pro vyvaření, byla určena dle pevnostní analýzy a porovnání se současným stavem vložky. Tyto místa je důležité očistit do kovového lesku. Před použitím elektrody se musí elektrody přesušit. Jedná se o nástrojovou ocel s obsahem C = 0,38 hm.%, proto je zařazen před samotné navaření předehřev. Po konzultaci s firmou, která nechce být uvedena, se pro tyto oceli používá předehřev 300 °C. Předehřev byl proveden pomocí pece na hodnotu 300 °C.

Při navařování byl použit krátký oblouk bez rozkyvu s rovným vedením. Kvůli vysoké tekutosti kovů bylo nutné zajistit pro navaření polohu PA. Postupy svařování (pWPS) pro jednotlivá navařovaná místa jsou v příloze 6,7 a 8. Na obrázku 54 je vyvařená vložka po očištění návarů.

Obr. 54 Vyvaření dutiny vložky po očištění návarů

- **Návrh opracování návaru:**

  Návar je důležité dobře očistit od strusky. Například pomocí drátěného kartáče nebo pomocí brusných tělísek a podobně. Následně se doporučí v místech, kde jsou funkční plochy výkovku provést opracování návaru, aby byly dodrženy tolerance rozměrů a drsnost na plochách. Například se může návar ofrézovat do požadovaného rozměru dutiny, aby byla zajištěna správná funkce při kování. Před samotným procesem obrábění je dobré provést žíhání na měkko, čímž se zvýší obrobitelnost. Popřípadě žíhaní ke snížení vnitřních pnutí. Po obrobení by mělo následovat kalení například na vzduchu a nakonec broušení pro získání požadované drsnosti.

4 ZÁVĚRY

Řešeným problém v práci bylo zrenovování spodní kovací vložky kruhového tvaru, která je vyrobena z materiálu 1.2367 (DIN X38CrMoV53) a měla být renovována navařováním materiálu. Kovací vložka se používá pro zápustkové kování na svislém kovacím lisu LZK 1000 P/SH.

Pro navaření materiálu se zvolila metoda ruční navařování elektrickým obloukem 111 (MMA). Po porovnání s ostatními metodami, které se dají použít pro navařování nástrojové oceli, vyšla tato metoda jako nejvýhodnější, a to z hlediska přídavných materiálů, pořizovací ceny, velikosti, jednoduché obsluhy a velké škále použitelnosti. Pro určení namáhání vložky byla provedena pevnostní analýza v programech Fusion 360 a Inventor Professional 2019, která se použila pro určení míst návaru. Zohledněno bylo i tepelné namáhání provedením termální analýzy v programu Fusion 360. Obě analýzy byly použity k volbě přídavných materiálů. Dále se provedlo prozkoumání opotřebení vložky, ve které bylo zjištěno několik míst s opotřebením. Opotřebovaná místa se porovnala s pevnostní analýzou pro přesnější určení míst pro navaření. Přídavný materiál při vyvařování se musí přiblížit chemickému složení a tvrdosti základního materiálu. Na základě těchto poznatků bylo zvoleno několik obalovaných elektrod pro zkušební návary. Vybrány byli elektrody: UTP DUR 600, WEARSHIELD 420, Capilla 66 a UTP 65.

Návary jednotlivými elektrodami byly provedeny na ocel ČSN 11 375, s použitím svařovacího zdroje TransPocket 3500. Z těchto návarů se vyhotovily vzorky pro měření tvrdosti a výpočet zředění materiálu. Tvrdost návarů byla měřena a vyhodnocena podle Vickerse na přístroji ZWICK 3212. Výsledky z měření tvrdosti se zanesly do grafů v závislosti tvrdosti na vzdálenosti. Tvrdosti návarů vyhověly v porovnání s tvrdostí základního materiálu ve všech případech. Po měření tvrdosti byla vyvolána na vzorcích makrostruktura pro určení ploch návaru a závaru, které se použily pro zjištění zředění svarového kovu se základním materiálem. Nejlépe splňoval požadavky svarový kov vytvořený elektrodou Capilla 66. Jako výsledná elektroda pro vyvaření vložky byla zvolena elektroda Capilla 66, která je přímo určená pro vyvařování zápustek.

Před vyvařením vložky bylo provedeno očištění ploch, které byly určeny k renovaci a použil se předehřev vložky na teplotu 300 °C. Pro jednotlivá místa navaření materiálu byly vypracovány předběžné postupy svařování (pWPS). K vyvaření vložky byl použit opět zdroj od firmy fronius. Po vyvaření vložky následovalo očištění návaru od strusky. Tato kovací vložka vydrží normálně až 5000 zatěžujících cyklů. Následně se tedy vyvaří a tím se navýší její životnost až o dalších 2500 cyklů. Navařování je tedy možné použít pro renovaci opakovaně, až do doby, kdy se například vyplatí lépe pořízení nové vložky. Dále je v práci popsán návrh opracování povrchu návaru.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ [6]

1. Aditivní laserové technologie. In: *Technický týdeník* [online]. 2019 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: https://www.technickytydenik.cz/rubriky/veda-vyzkum-inovace/aditivni-laserove-technologie-na-msv-za-provozu_37729.html

2. AMBROŽ, Oldřich, Bohumil KANDUS a Jaroslav KUBÍČEK. *Technologie svařování a zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů*. Ostrava: Zeross, 2001, 395 s. : il. ISBN 80-85771-81-0.

3. ATM Saphir 330 Twin Wheel Grinder & Polisher. *QUASI - S* [online]. 2017 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: http://www.quasi-s.com.sg/product/atm-saphir-330-single-wheel-grinder-polisher/

4. BALEJ, Zdeněk, Vladimír KUDĚLKA a Jan OPLETAL. *Učebnice pro základní kurz svařování ZK 141 8: obloukové svařování wolframovou elektrodou v inertním plynu vysokolegovaných austenitických ocelí*. 3. aktualizované vydání. Ostrava: ZEROSS - svářečské nakladatelství, 2013, 166 stran : ilustrace, černobílé fotografie. ISBN 978-80-85771-03-9.

5. CAPILLA. *Produktkatalog Schweißzusatzwerkstoffe* [online]. 2015 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: https://www.capilla-gmbh.com/wp-content/uploads/Katalog_04_en.pdf

6. CITACE PRO. *Generátor citací* [online]. 2013 [cit. 2019-05-14]. Dostupné z: http://citace.lib.vutbr.cz/info

7. ČELKO, Ladislav, David JECH, Pavel KOMAROV, Michaela REMEŠOVÁ a Ivana ROČŇÁKOVÁ. Technologie žárových nástřiků: Aplikace, kvalita povlaků a rizika při jejich výrobě. *KONSTRUKCE* [online]. 2017, (2002/9) [cit. 2019-05-21]. ISSN 1803-8433. Dostupné z: http://www.konstrukce.cz/clanek/technologie-zarovych-nastriku-aplikace-kvalita-povlaku-a-rizika-pri-jejich-vyrobe/

8. ČESKÁ SVÁŘEČSKÁ SPOLEČNOST ANB. *Materiály a jejich svařitelnost: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů*. 2., upr. vyd. Ostrava: ZEROSS, 2001, 292 s. : il. ; 30 cm. ISBN 80-85771-85-3.

9. *ČSN 21 1410 (211410) A Tvářecí stroje. Upínání zápustek. Základní ustanovení*. Praha: Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, 1971. Dostupné také z: http://csnonline.agentura-cas.cz/

10. *ČSN 21 1416 (211416) A Tvářecí stroje. Dopravní kolíky a díry pro dopravní kolíky pro zápustky a držáky*. Praha: Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, 1971. Dostupné také z: http://csnonline.agentura-cas.cz/

11. *ČSN 22 8306 (228306) A Tvářecí nástroje. Zápustky pro svislé kovací lisy. Technické požadavky na konstrukci*. Praha: Vydavatelství norem, 1991. Dostupné také z: http://csnonline.agentura-cas.cz/

12. DATRIA. Renovace šneků. In: *DATRIA* [online]. Chrudim: ACZ, ©2019 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: https://www.datria.cz/produkt/renovace-sneku-navarovani-pancerovani

13. ELTZE, Andre. Diodový laser a navařování pro opravu povrchů. *MM Das Industriemagazin* [online]. 2013, 2012(29/30) [cit. 2019-05-21]. ISSN 1212-2572. Dostupné z: https://www.mmspektrum.com/clanek/diodovy-laser-a-navarovani-pro-opravu-povrchu.html

14. FREMUNT, Přemysl, Jiří KREJČÍK a Tomáš PODRÁBSKÝ. *Nástrojové oceli*. Brno: Dům techniky, 1994, 229 s.

15. HALLA, Petr. Svařování slabých plechů. *KONSTRUKCE* [online]. 2014 [cit. 2019-05-21]. ISSN 1803-8433. Dostupné z: http://www.konstrukce.cz/clanek/svarovani-slabych-plechu/

16. HERMAN, Petr. Renovace nástrojových ocelí navařováním. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2006, (2006 / 4) [cit. 2019-05-21]. ISSN 1212-2572. Dostupné z: https://www.mmspektrum.com/clanek/renovace-nastrojovych-oceli-navarovanim.html

17. HLAVATÝ, Ivo. *Teorie a technologie svařování* [online]. In: . 2013 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: http://homen.vsb.cz/~hla80/2009Svarovani/indexs.htm

18. HRIVŇÁK, Ivan. *Zváranie a zvariteľnosť materiálov*. Bratislava: Slovenská technická univerzita, 2009, 486 s. : il., čb. fot. ISBN 978-80-227-3167-6.

19. HRIVŇÁK, Ivan. *Zváranie a zvariteľnosť materiálov*. 2. vyd. Bratislava: Citadella, 2013, 486 stran : ilustrace. ISBN 978-80-89628-18-6.

20. Hybridní multi-funkční zařízení. In: *MAZAK* [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: https://www.mazakeu.cz/cs/machines-technology/technology/hybrid-multi-tasking-machine/

21. KOVAŘÍK, Rudolf a František ČERNÝ. *Technologie svařování*. 2. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2000, 185 s. ISBN 80-7082-697-5.

22. KUBÍČEK, Jaroslav. *Renovace* [online]. Brno, 2018 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/img/opory/hpu_renovace_a_povrchove_upravy_renovace_2018_kubicek.pdf. Studijní opora. Vysoké učení technické v Brně.

23. KUCHAŘ, Pavel. Welcor. *Renovace navařováním* [online]. 2019 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: http://www.welcor.cz/navary.php

24. KULANOVÁ, Eliška. Renovace ručním navařováním obalenými a trubičkovými elektrodami. *Mechanizace* [online]. Praha, 2001 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: https://www.mechanizaceweb.cz/renovace-rucnim-navarovanim-obalenymi-a-trubickovymi-elektrodami/

25. Laserové navařování. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2001, (2001/4) [cit. 2019-05-21]. ISSN 1212-2572. Dostupné z: https://www.mmspektrum.com/clanek/laserove-navarovani.html

26. LPH Air Plasma Cutting Machine. *IndiaMART* [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z:https://www.indiamart.com/proddetail/lph-air-plasma-cutting-machine-14459458233.html

27. MEPAC CZ. *TIG,MIG navařování (svařování)* [online]. In: . [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: https://www.mepac.cz/cz/presne-strojirenstvi/tig--mig-navarovani--svarovani-#&gid=1&pid=3

28. MEPAC CZ. *TIG,MIG navařování (svařování)* [online]. In: . [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: https://www.mepac.cz/cz/presne-strojirenstvi/tig--mig-navarovani--svarovani-#&gid=1&pid=4

29. MEPAC CZ. *TIG,MIG navařování (svařování)* [online]. In: . [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: https://www.mepac.cz/cz/presne-strojirenstvi/tig--mig-navarovani--svarovani-

30. Metal cutting machine / rotary blade / CNC / for hard and brittle materials. *Direct INDUSTRY* [online]. 2019 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: http://www.directindustry.com/prod/struers/product-101259-1676251.html

31. MIG/MAG (CO2). *Automig* [online]. Migatronic CZ [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: http://automig.cz/o-svarovani/metody/migmag-co2/

32. *MIG welding for beginners* [online]. In: . [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: https://thecuriousforge.org/product/mig-welding-beginners/

33. MMA (Manual Metal Arc Welding). *Automig* [online]. Migatronic CZ [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: http://automig.cz/o-svarovani/metody/obalena-elektroda-mma/

34. NĚMEČEK, Stanislav. *Laserové technologie* [online]. 2013 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: https://docplayer.cz/17401536-Laserove-technologie.html

35. NĚMEČEK, Stanislav. Zpracování materiálů laserem, 1. díl - svařování. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2011, (2011/4) [cit. 2019-05-21]. ISSN 1212-2572. Dostupné z: https://www.mmspektrum.com/clanek/zpracovani-materialu-laserem-1-dil-svarovani.html

36. Obalená elektroda. *SVÁŘEČKY-ELEKTRODY* [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: https://www.svarecky-elektrody.cz/obalena-elektroda-co-je-a-k-cemu-slouzi/t-27/t-95

37. Obaly obalených elektrod - který zvolit?. *SVARINFO* [online]. 2007 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: https://www.svarbazar.cz/phprs/view.php?cisloclanku=2007080501

38. Obloukové svařování obalenou elektrodou, svařování MMA, svařovací technika, svařovací invertor. *Schinkmann* [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: https://www.schinkmann.cz/mma-rucne-obalenou-elektrodou

39. OLSON, D.L., T.A. SIEWERT, S. LIU a G.R. EDWARDS. *ASM handbook. Volume 6, Welding, brazing, and soldering*. 6th print. Materials Park: ASM International, 2003, xvi, 1299 s. : il, čb. fot. ISBN 0-87170-382-3.

40. ORSZÁGH, Peter a Viktor ORSZÁGH. *Zváranie MIG/MAG ocelí a neželezných kovov*. Bratislava: Polygrafia SAV, 2000, 460 s. : il. ISBN 80-88780-36-5.

41. *Opravy a návary: OCHRANA PROTI OPOTŘEBENÍ A OPRAVY SVAŘOVÁNÍM, NAVAŘOVÁNÍM A PÁJENÍM* [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: http://www.bohler-uddeholm.cz/media/Opravy_a_navary.pdf

42. *Opravy a renovace svařováním a navařováním při těžbě, úpravě a přesunu surovin a výrobě stavebních hmot.* [online]. voestalpine [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: https://www.bohler-uddeholm.cz/media/Dob%C3%BDv%C3%A1n%C3%AD,%20p%C5%99esun%20a%20zpracov%C3%A1n%C3%AD%20hornin%20a%20v%C3%BDroba%20stavebn%C3%ADch%20hmot.pdf

43. Plasma Arc Welding. *TWI* [online]. 2019 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: https://www.twi-global.com/technical-knowledge/job-knowledge/plasma-arc-welding-007

44. Plasma welding. *OERLIKON* [online]. 2019 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: https://www.oerlikon-welding.com/processes/plasma-welding-process

45. Plazmové navařování. In: *Servis armatur* [online]. 2019 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: http://www.servisarmatur.cz/index.php?page=plasma-powder-surfacing

46. ROHAN, Pavel, Ladislav KOLAŘÍK, Tomáš KRAMÁR a Zdeněk KRŠKA. *Navařování plazmatem - ochranné povlaky ve výrobě i výzkumu. MM Průmyslové spektrum* [online]. 2015, (2015/1) [cit. 2019-05-21]. ISSN 1212-2572. Dostupné z: https://www.mmspektrum.com/clanek/navarovani-plazmatem-ochranne-povlaky-ve-vyrobe-i-vyzkumu.html

47. Svařování netavící se elektrodou. In: *Wikipedie* [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z:https://cs.wikipedia.org/wiki/Sva%C5%99ov%C3%A1n%C3%AD_netav%C3%ADc%C3%AD_se_elektrodou_v_ochrann%C3%A9_atmosf%C3%A9%C5%99e_inertn%C3%ADho_plynu#/media/File:GTAW-cs.svg

48. SERVIS ARMATUR. *Nástřik plamenem* [online]. 2012 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: http://www.servisarmatur.cz/index.php?page=flame-spray-with-melting-process

49. Svářecí elektroda BÖHLER UTP DUR 600 2,5x300 mm. *Metaweld* [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: https://www.metaweld.cz/eshop/svareci-technika/pridavne-svarovaci-materialy/svarovaci-elektrody/elektrody-navarove/svareci-elektroda-bohler-utp-dur-600-2-5x300-mm-kusy/

50. Svářecí elektroda BÖHLER UTP 65 2,0x250 mm. *Metaweld* [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: https://www.metaweld.cz/eshop/svareci-technika/pridavne-svarovaci-materialy/svarovaci-elektrody/elektrody-pro-specialni-pouziti/svareci-elektroda-bohler-utp-65-2-0x250-mm-kusy/

51. Svářecí elektroda LINCOLN WEARSHIELD 420 3,2x350 mm. *Metaweld* [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: https://www.metaweld.cz/eshop/svareci-technika/pridavne-svarovaci-materialy/svarovaci-elektrody/elektrody-navarove/svareci-elektroda-lincoln-wearshield-420-3-2x350-mm-kusy/

52. Svářecí invertory: Invertor BETA. In: *Nářadí-pro* [online]. 2019 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: https://www.naradi-pro.cz/IMGPRODUCT/dc-prirucni-svarovaci-inventor-1860k-160a.jpg

53. Svářecí dynamo K 320. In: *Armatex s.r.o.* [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: https://www.armatex.cz/cs/technika/svareci-dynamo-c2/?url=cs/technika/svareci-dynamo-c2/

54. Svářecí transformátor. In: *Manutan* [online]. 2019 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: https://www.manutan.cz/cs/mcz/svareci-transformator

55. Svářecí zdroj FRONIUS: TransPocket 3500. *WELDTECH* [online]. Brno, 2017 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: https://www.weldtech.cz/produkty/produkt/svareci-zdroj-fronius-transpocket-3500

56. Svařovací usměrňovače TP 150: TransPocket 150. In: *Reca eSHOP* [online]. 2019 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: https://shop.reca.cz/naradi/pristroje-na-svarovani-a-pajeni/svarovaci-technika/svarovaci-usmernovace-tp-150-1.html

57. Svislé kovací lisy. In: *Šmeral Brno a.s.* [online]. Brno, 2017 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: http://www.smeral.cz/svisle_kovaci_lisy.html

58. SWR JIHLAVA. Výroba výkovků. In: *SWR Jihlava* [online]. Jihlava [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: https://www.swrjihlava.cz/index.php?page=vyroba

59. VOESTALPINE BÖHLER EDELSTAHL. *Oceli Bohler: Nástrojové oceli* [online]. 2019 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: http://bohler.cz/media/oceli_Bohler.pdf

60. Výhody navařování nástrojových ocelí laserem. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2002, (2002/9) [cit. 2019-05-21]. ISSN 1212-2572. Dostupné z: https://www.mmspektrum.com/clanek/vyhody-navarovani-nastrojovych-oceli-laserem.html

61. WELD MASTERS s.r.o. Navařování. [online]. Brno [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: http://www.weldmasters.cz/sluzby/specialni-svarecske-prace/navarovani/

62. WELD MASTERS s.r.o. Navařování. [online]. Brno [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: http://www.weldmasters.cz/sluzby/specialni-svarecske-prace/navarovani/?idFolder=69

63. WELD MASTERS s.r.o. Navařování. [online]. Brno [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: http://www.weldmasters.cz/sluzby/specialni-svarecske-prace/navarovani/?idFolder=71

64. WELMET. SUŠÁRNY ELEKTROD A TAVIDEL. *Welmet* [online]. 2019 [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: https://www.welmet.cz/prislusenstvi-pro-svarovani/susarny-elektrod-a-tavidel/

65. WIG Svařování wolframovou elektrodou v intertní atmosféře. *M.L. Gear Designs* [online]. 2015 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: http://mlgeardesigns.blog.cz/1507/svarovani-wolframovou-elektrodou-v-intertni-atmosfere-wig

66. WIRPO. Zařízení pro nástřik plamenem. In: *WIRPO s.r.o.* [online]. 2018 [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: https://www.wirpo.cz/eshop/sk/msj

67. Zwick 3212 hardness tester. *University of Antwerp* [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: https://www.uantwerpen.be/en/research-groups/elcat/service-equipment/equipment/zwick-hardness/

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Označení	Legenda	Jednotka
A	Zápalný bod	[-]
D	Průměr elektrody	[mm]
d	Průměr jádra elektrody	[mm]
I	Elektrický proud	[A]
I_K	Zkratový proud	[A]
MAG	Metal active gas	[-]
MIG	Metal inert gas	[-]
MMA	Manual metal arc	[-]
l	Délka	[mm]
P	Pracovní bod	[-]
Sn	Plocha navařeného materiálu	[mm^2]
Sz	Plocha závaru	[mm^2]
TIG	Tungsten inert gas	[-]
U	Napětí	[V]
UV	Ultrafialové záření	[-]
U_0	Napětí naprázdno	[V]
WIG	Wolfram inert gas	[-]
Z	Zředění svarového a základního materiálu	[%]

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Součásti renovované navařováním [12], [63], [28], [27], [61], [62] 9
Obr. 2 Model zápustkové kovací vložky 10
Obr. 3 Vyráběný tvarový čep [58] 10
Obr. 4 Svislý kovací lis LZK 1000 P/SH [57] 10
Obr. 5 Upevnění kovací vložky v bloku 10
Obr. 6 Schéma nástřiku plamenem [48] 11
Obr. 7 Zařízení pro nástřik [66] 11
Obr. 8 Navařování laserem [1] 12
Obr. 9 Princip navařování laserem [20] 12
Obr. 10 Navařování plazmou [44] 13
Obr. 11 Princip navařování plazmou [45] 13
Obr. 12 Navařování WIG (TIG) [64] 14
Obr. 13 Princip svařování WIG (TIG) [47] 14
Obr. 14 Navařování MIG/MAG [32] 15
Obr. 15 Schéma svařování MIG/MAG [31] 15
Obr. 16 Navařování obalenou elektrodou 16
Obr. 17 Scéma a rozdělení oblastí el. oblouku [2] 17
Obr. 18 Voltampérová charakteristika el. oblouků [2] 18
Obr. 19 Statická char. svařovacího zdroje a oblouku [2] 18
Obr. 20 Strmá statická char. svařovacího zdroje [2] 18
Obr. 21 Princip metody 111 [17] 19
Obr. 22 Schéma celkového pracovního cyklu [33] 19
Obr. 23 Řez obalenou elektrodou [2] 20
Obr. 24 Svařovací dynamo [53] 23
Obr. 25 Svařovací transformátor [54] 23
Obr. 26 Svařovací usměrňovač [56] 23
Obr. 27 Svařovací invertor [52] 24
Obr. 28 Zředění svarového kovu a základního materiálu u návaru [2] 25
Obr. 29 Rozměry kovací vložky 26
Obr. 30 Pevnostní analýza pomocí Fusion 360 27
Obr. 31 Pevnostní analýza pomocí Inventor Professional 28
Obr. 32 Termální analýza pomocí Fusion 360 29
Obr. 33 Současný stav kovací vložky 30
Obr. 34 TransPocket 3500[55] 32
Obr. 35 Sušící pec [64] 32
Obr. 36 Návar elektrodou UTP DUR 600 33
Obr. 37 Návar elektrodou WEARSHIELD 420 33
Obr. 38 Návar elektrodou capilla 66 33
Obr. 39 Návar elektrodou UTP 65 34
Obr. 40 LPH 50 [26] 34
Obr. 41 Pila Struers Labotom 5 [30] 34
Obr. 42 Brusné zařízení ATM Saphir 330 [3] 35
Obr. 43 Zařízení ZWICK 3212 [65] 35
Obr. 44 Graf závislosti tvrdosti na vzdálenosti UTP DUR 600 na rozmezí ZM a NM 36
Obr. 45 Graf závislosti tvrdosti na vzdálenosti UTP DUR 600 v NM 36
Obr. 46 Graf závislosti tvrdosti na vzdálenosti WEARSHIELD 420 na rozmezí ZM a NM .. 37
Obr. 47 Graf závislosti tvrdosti na vzdálenosti WEARSHIELD 420 v NM 37
Obr. 48 Graf závislosti tvrdosti na vzdálenosti capilla 66 na rozmezí ZM a NM 38

Obr. 49 Graf závislosti tvrdosti na vzdálenosti capilla 66 v NM 38
Obr. 50 Plocha návaru a závaru UTP DUR 600 39
Obr. 51 Plocha návaru a závaru WEARSHIELD 420 40
Obr. 52 Plocha návaru a závaru Capilla 66 40
Obr. 53 Plocha návaru a závaru UTP 65 41
Obr. 54 Vyvaření dutiny vložky po očištění návarů 42

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Chemické složení nástrojové oceli 1.2367 [59] 11
Tab. 2 Hodnoty předehřevu v závislosti na obsahu C [2] 25
Tab. 3 Chemické složení elektrody UTP DUR 600 [49] 31
Tab. 4 Chemické složení elektrody WEARSHIELD 420 [51] 31
Tab. 5 Chemické složení elektrody Capilla 66 [5] 31
Tab. 6 Chemické složení elektrody UTP 65 [50] 32

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Materiálový list nástrojové oceli 1.2367 [59]
Příloha 2 Materiálový list elektrody UTP DUR 600 [49]
Příloha 3 Materiálový list elektrody WEARSHIELD 420 [51]
Příloha 4 Materiálový list elektrody Capilla 66 [66]
Příloha 5 Materiálový list elektrody UTP 65 [50]
Příloha 6 pWPS BP-191683-19/1
Příloha 7 pWPS BP-191683-19/2
Příloha 8 pWPS BP-191683-19/3

nástrojové oceli pro práci za tepla

BÖHLER W303 ISODISC® **BÖHLER W303 ISOBLOC®**

DIN X 38 CrMoV5-3
W.-Nr. 1.2367

Chemické složení	C	Si	Mn	Cr	Mo	V
Obsah prvků v %	0,38	0,40	0,40	5,00	2,80	0,65

Charakteristika

Ocel pro práci za tepla s velmi dobrými pevnostními vlastnostmi a vysokou odolností proti opotřebení při vysokých teplotách, jako i dobrou houževnatostí a odolností proti opalu, chladitelná vodou, kalitelná ve vakuu.
Ocel BÖHLER W303 se dodává ve formě polotovarů ve dvou základních provedení:
– ISODISC – vyrobená konvenčním metalurgickým postupem
– ISOBLOC – elektrostruskově přetavovaná s vyšším stupněm čistoty, zlepšenými mechanickými vlastnostmi.

Použití

Vysocenamáhané nářadí pro práci za tepla, hlavně pro zpracování slitin lehkých kovů, jako např. lisovací třmeny, lisovací matrice, manipulátory pro výrobu rour a tyčové oceli, nářadí pro protlačování za tepla, nářadí na vstřikování kovů za tepla, nářadí na výrobu dutých těles, nářadí na výrobu šroubů, matic, nýtů, čepů, zápustek, zápustkové vložky, nože nůžek pro stříhání za tepla, formy na plasty.

Tepelné zpracování

Teplota žíhání na měkko	750–800 °C
Tvrdost po žíhání na měkko	max. 229 HB
Teplota žíhání na odstranění vnitřních pnutí	600–650 °C
Podrobné informace o tepelném zpracování v materiálovém listě.	

Kalení

Stupňovitý ohřev na austenitizační teplotu 1020 až 1080 °C ve dvou předehřívacích stupních, výdrž na austenitizační teplotě po prohřátí v celém průřezu 15 až 30 minut.
Ochlazovací prostředí: olej, solná lázeň, (500 až 550 °C), vzduch.
Dosažitelná tvrdost po kalení 52 až 56 HRC při kalení v oleji nebo v solné lázni, 50 – 54 HRC při kalení na vzduchu.

Popouštění

Pomalý ohřev na popouštěcí teplotu bezprostředně po kalení, popouštět minimálně dvakrát a třetí popouštění na snížení pnutí. První popouštění cca 30 °C nad teplotou maxima sekundární tvrdosti, druhé popouštění na pracovní tvrdost – popouštěcí teplotu volit podle požadované tvrdosti z popouštěcího diagramu, třetí popouštění na snížení pnutí 30 až 50 °C pod nejvyšší teplotou popouštění. Výdrž na teplotě popouštění 1 hodinu na každých 20 mm tloušťky, nejméně však 2 hodiny, ochlazování na vzduchu.

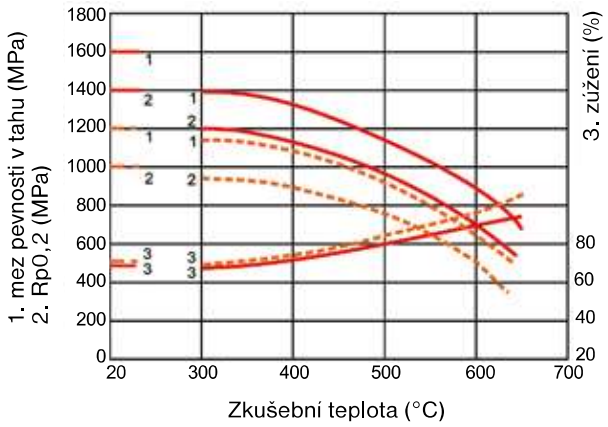
Standardní rozměrový sortiment – provedení ISODISC

Kruhové tyče, žíhané IBO ECOMAX (mm)

35,8	40,8	50,8	60,8	66,33	71,0	81,0	91,0	101,5
111,5	116,0	125,0	128,5	131,5	141,5	151,5	153,9	162,0
167,0	182,0	189,4	202,0	212,0	222,0	232,0	242,0	252,5
256,5	272,5	281,0	302,5	307,3				

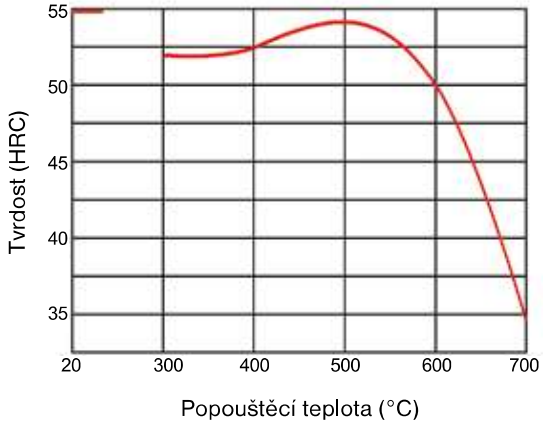
Diagram meze pevnosti při zvýšených teplotách

zušlechtěné na 1600 MPa
zušlechtěné na 1200 MPa



Popouštěcí diagram BÖHLER W303

kalící teplota 1050 °C
průřez zkušebního vzorku: čtyřhran 50 mm



utp maintenance
by voestalpine

UTP DUR 600

elektroda pro navařování

Normy	
DIN 8555	EN 14700
E 6-UM-60	E Fe8

Vlastnosti a použití

UTP DUR 600 je bazická elektroda určená pro univerzální pancéřování dílů z konstrukčních ocelí, litých ocelí a Mn-oceli. Návar odolává současně otěru, tlaku a rázům. Hlavní použití je u dílů strojů pro přepravu hornin, např. bagrových zubů, dílů rozmělňovacích zařízení, např. drtících čelistí, kuželů, mlátících lišt, kladiv, dále pro renovace ploch a střižných hran nástrojů pro práci za studena.

Tvrdost čistého svarového kovu	56 - 58 HRC
Po žíhání na měkko 780 - 820 °C / pec	ca. 25 HRC
Po kalení 1000 - 1050 °C / olej	ca. 60 HRC
První vrstva na Mn-oceli	ca. 22 HRC
Druhá vrstva na Mn-oceli	ca. 40 HRC

UTP DUR 600 má vynikající svařovací vlastnosti, jako je klidný oblouk, rovnoměrné odtavování, dobrá kresba svaru, snadná odstranitelnost strusky. Opracování návaru pouze broušením.

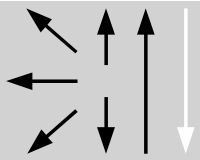
Chemická analýza svarového kovu (obsah v %)

C	Si	Mn	Cr	Fe
0,5	2,3	0,4	9,0	zákl.

Pokyny pro svařování

Pokud možno kolmé vedení elektrody a krátký oblouk. Masívní díly a vysokopevnostní oceli předehřát na 200 - 300°C. Na Mn-oceli navařovat za studena, teplota nesmí překročit 250°C, eventuálně ochlazovat. Při pancéřování dílů náchylných na vznik trhlin je doporučena UTP 630 pro mezivrstvu, stejně tak pro vyvařování trhlin v povrchu pod návarem. Při potřebě navařování více než 3-4 vrstev je vhodné vyplnění pod návarem měkčími typy UTP DUR 250 nebo UTP DUR 350. Přesušování elektrod 2 h při 300 °C.

Další informace



Svařovací proud = + / ~

Schválení

DB (Nr. 20.138.07)

Doporučený svařovací proud

Elektroda Ø x L [mm]	2,5 x 300	3,2 x 350	4,0 x 450	5,0 x 450
Svařovací proud [A]	80 – 100	100 – 140	140 – 180	180 – 210

Wearshield® 420

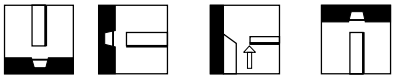
CLASSIFICATION

DIN 8555	E6-UM-55-RZ*
EN 14700	E Fe8

GENERAL DESCRIPTION

Heavily coated electrode that produces a martensitic deposit similar to AISI 420 stainless steel
Designed for abrasion resistance under high corrosion conditions
The electrode coating permits the use of the drag or contact welding technique as well as positional welding if required.

WELDING POSITIONS (ISO/ASME)



CURRENT TYPE

AC / DC +

CHEMICAL COMPOSITION (W%), TYPICAL, ALL WELD METAL

C	Si	Mn	Cr	Mo	V
0.5	0.4	0.3	12.4	0.4	1.3

STRUCTURE

Ferrite and martensite

MECHANICAL PROPERTIES, TYPICAL, ALL WELD METAL

Typical hardness values
55 HRc (560HB)

PACKAGING AND AVAILABLE SIZES

	Diameter (mm)	3.2	4.0	5.0
	Length (mm)	350	350	450
PE-Tube	**Pieces / unit**	51	36	22
	Net weight/unit (kg)	2.5	2.5	2.5

Identification Imprint: WEARSHIELD 420 Tip Color: brown

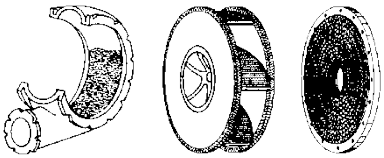
Wearshield®420 rev. C-EN24-01/02/16

All information in this data sheet is accurate to the best of our knowledge at the time of printing. Please refer to www.lincolnelectric.eu for any udpated information.
Fumes: Material Safety Data Sheets (MSDS) are available on our website.

Wearshield® 420

APPLICATION

Wearshield 420 electrodes are intended to provide abrasion resistance under conditions of high corrosion, abrasion and impact.
The electrode can be used on carbon steels, low alloy steel and martensitic steel.
Typical applications include:
Sand pumps
Dredging equipment
Fans
Valve seats in steam and liquid pipes



ADDITIONAL INFORMATION

All work-hardened base material and previously deposited hardfacing material should be removed prior to applying a new deposit, since such areas are prone to embrittlement and possible cracking. Areas that contain irregularaties such as cracks and deep gouges can be repaired locally using Wearshield BU-30 or Wearshield 15CrMn prior to hardfacing with Wearshield 420. Preheat would be needed if the welding is done over either highly restrained material or martensitic stainless base metal.
A preheat and interpass temperature in the range of 200-300°C can be used depending on the nature of the material to be welded.
Under conditions of low dilution, the microstructure is similar to that of AISI 420 martensitic stainless steel. This structure provides good abrasion resistance under conditions of severe corrosion and high impact. At higher dilutions, when overlaid on mild steel or low alloy steel, the weld metal microstructure will retain its martensitic stainless structure. But the reduced chromium level might adversely affect the corrosion resistance of the deposit.

WELDING PARAMETERS, OPTIMUM FILL PASSES

Diameter (mm)	Welding positions PA/1G	PC/2F	PF/3Gup	PE/4G
3.2	130A	130A	130A	130A
4.0	160A	160A	160A	150A
5.0	220A		200A	

CALCULATION DATA

Sizes Diam. x length (mm)	Current range (A)	Current type	Arc time - per electrode at max. current - (S)*	Energy - per electrode at max. current - E(kJ)	Dep. rate - per electrode at max. current - H(kg/h)	Weight/ 1000 pcs (kg)	Electrodes/ kg weldmetal B	kg electrodes/ kg weldmetal 1/N
3.2 x 350	90 - 130	DC+	88	217	1.2	45.6	33	1.51
4.0 x 350	120 - 170	DC+	114	544	1.4	70.2	23	1.59
5.0 x 450	170 - 270	DC+	193	1187	1.4	109.8	14	1.49

COMPLEMENTARY PRODUCTS

Lincore® 420.

Standards:

EN 14700: E Fe 3-55-st
(DIN 8555): E 3-UM-55-T

Recovery: **140%**

capilla® 66

Product description:

Rutile-basic coated high-recovery stick electrode for overlay welding on heat resistant forming tools.
The weld metal is extremely resistant to abrasion, impact and pressure.

Applications:

This electrode is used for repair welding of hot-forming tools such as dies.
Also qualified for new production (contour changes) of dies, as well as hardfacing of cold shearing tools.

Typical weld metal composition:

[wt. - %]

	C	Cr	Ni	Mo	W	V	Fe
Min.		**6**	**0,4**	**1**	**6**	**0,5**	
Max.	**0,4**	**8**	**0,7**	**1,5**	**8**	**0,8**	**Bal.**

Mechanical properties:

(without heat treatment; minimum values at ambient temperature)

Hardness:	50 – 55	[HRC] as welded
	53 – 56	[HRC] annealed(550°C/2-8h)

Positions: all except PD, PE and PG

Redrying: 300 - 320°C/2h

Dimension:

Ø [mm]	Length [mm]	Welding current [A]
2,5	350	80 – 120
3,25	350	100 – 160
4,0	450	160 – 220
5,0	450	190 – 260
6,0	450	220 – 290

Polarity =(+)~

utp maintenance
by voestalpine

UTP 65

Rutilová austeniticko-feritická obalená elektroda pro speciální použití

Normy		
EN ISO 3581-A	EN 14700	Werkstoff-Nr.
~ E 29 9 R 32	E Z Fe11	1.4337

Vlastnosti a použití

Elektroda UTP 65 je určena zejména pro svařování obtížně svařitelných ocelí, jsou-li na svar kladeny vysoké požadavky. Vysoká odolnost vzniku trhlin při svařování austenitických ocelí s feritickými, manganové oceli, nástrojových ocelí pro práci za studena i za tepla, dále použití pro výplň pod tvrdé návary a houževnaté návary odolné opotřebení. Hlavní oblast použití této elektrody jsou opravy a údržba různých strojů, převodových dílů a různých nástrojů.

Elektroda UTP 65 velmi dobře svařuje, má klidný a stabilní oblouk, rovnoměrnou a jemnou kresbu a velmi dobrou odstranitelnost strusky. Austeniticko-feritická struktura spojuje vysokou pevnost s vysokou houževnatostí a vysokou odolností vzniku trhlin. Svar je korozivzdorný a zpevňuje za studena i za tepla.

Tvrdost čistého svarového kovu: ca. 240 HB

Chemická analýza (obsah v %)

C	Si	Mn	Cr	Ni	Fe
0,1	1,0	1,0	29	9	základ

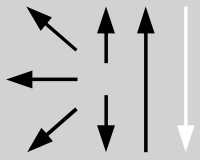
Mechanické vlastnosti svarového kovu

mez kluzu $R_{p0,2}$	pevnost R_m	tažnost A
MPa	MPa	%
> 640	> 800	> 22

Pokyny pro svařování

Oblast svařování dobře očistit. Silnostěnné díly připravit pro V- nebo X- svary s úhlem rozevření 60-80°. Oceli s vyšším obsahem uhlíku a masívní díly předehřát na 150-250 °C, nástrojové oceli dle typu na 350-450°C. Kolmé držení elektrody, krátký oblouk, rovné housenky nebo slabý rozkmit.
Přesušování elektrod 2 h / 120-200°C.

Další informace



druh proudu =+ / ~

Svařovací parametry

Elektroda Ø x L [mm]	1,6 x 250*	2,0 x 250	2,5 x 250	3,2 x 350	4,0 x 350	5,0 x 350
Svařovací proud [A]	35-50	45-65	60-80	80-130	110-150	120-200

* na dotaz

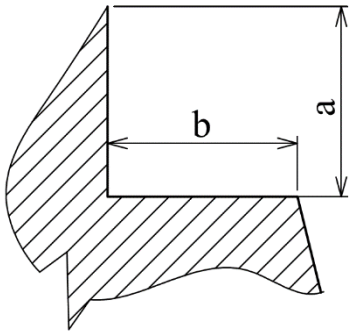
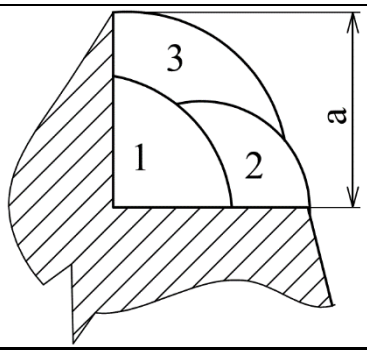
Schválení

DB (Nr. 82.138.01)

Specifikace postupu svařování „pWPS“
dle ČSN EN ISO 15609 - 1 (Obloukové svařování)

Strana: 1
Celkem: 1
Revize č.: 3

1.	**Výrobce :** **Luděk Kriegsmann**	10.	**Zkušební organizace :** VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
2.	Místo : Místo označené číslem 1 v textu práce	11.	Způsob přípravy úkosu :
3.	**Číslo dokladu (WPS) :** BP-191683-19/1	12.	Způsob čištění : kartáčování, odmaštění
4.	**Číslo WPQR :**	13.	Specifikace základních materiálů
5.	Číslo zkušebního kusu :		- materiál 1: Nástrojová ocel 1.2367 s 0,38% C
6.	Kvalifikace svářeče :		- materiál 2:
7.	Metoda svařování : EN ISO 4063 111 (MMA)	14.	Svařovaná tloušťka [mm]: t = 10 mm
8.	Druh svaru : EN ISO 6947 FW Koutový svár	15.	Vnější průměr [mm] : D =
9.	Údaje o přípravě svarových ploch :	16.	Poloha svařování : **PA - Vodorovná shora**

17. **Tvar spoje**	18. Rozměry	19. **Postup svařování**
	**a** [mm] 10 **b** [mm] 8 **c** [mm] — **α** [°] —	

20. **Parametry pro svařování**

21.	Svarová housenka	**1-3**						
22.	Metoda svařování	111						
23.	Průměr přídav.mater. [mm] - ∅	5						
24.	Svařovací proud [A]	190						
25.	Svařovací napětí [V]	25						
26.	Druh proudu a polarita	DC +						
27.	Přenos kovu přídavného materiálu							
28.	Rychlost podáv.drátu [m.min^{-1}]							
29.	Rychlost svařování [m.min^{-1}]							
30.	Tepelný příkon [kJ.mm^{-1}]							

31. Přídavný materiál - zařazení a značka: Capilla 66, EN 14700: E Fe 3-55-st, 03 (Rutil – bazický obal)

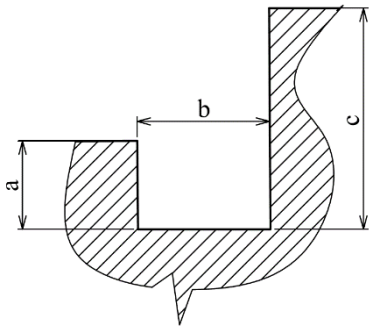
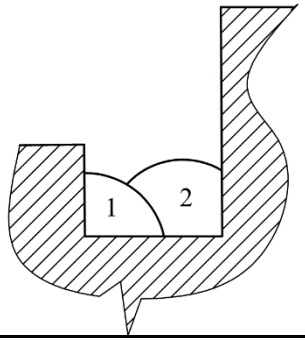
32.	Předpis pro sušení : 100°C/2 hod.	42.	Údaje o podložném kroužku :
33.	Ochranný plyn / tavidlo :	43.	Další informace : Rozkyv - amplituda :
	- ochranný plyn [l.min.$^{-1}$] :		- frekvence a doba prodlevy :
	- ochrana kořene [l.min.$^{-1}$] :		Rozkyv (max.šířka housenky) : Bez rozkyvu
34.	Wolfram.elektroda, druh/průměr :	44.	Údaje pro pulzní svařování :
35.	Údaje o drážkování/podlož. kořene:	45.	Údaje pro plazmové svařování :
36.	Teplota předehřevu [°C] : 300 °C	46.	Úhel nastavení hořáku :
37.	Interpass teplota [°C] :	47.	Druh automatu a svař. hlavy :
38.	Tepelné zpracování / stárnutí : Žíhání 550 °C/2 - 8 hod.		
39.	Doba, teplota, postup :	48.	Prokování svaru :
40.	Rychlost ohřevu a chladnutí :	49.	Poznámky :
41.	Vzdálenost elektrody (kontaktní špičky) od základního materiálu [mm] :		

50.	**Výrobce**	52.	**Zkušební orgán nebo technická dozorčí (inspekční) organizace** VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
	13. 4. 2019 Luděk Kriegsmann		13. 4. 2019
51.	datum, jméno, podpis a razítko svářečského dozoru	53.	datum, jméno, podpis a razítko zkušebního orgánu

Specifikace postupu svařování „pWPS“
dle ČSN EN ISO 15609 - 1 (Obloukové svařování)

Strana: 1
Celkem: 1
Revize č.: 3

1.	**Výrobce :** **Luděk Kriegsmann**	10.	**Zkušební organizace :** VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
2.	Místo : Místo označené číslem 2 v textu práce	11.	Způsob přípravy úkosu :
3.	**Číslo dokladu (WPS) :** BP-191683-19/2	12.	Způsob čištění : kartáčování, odmaštění
4.	**Číslo WPQR :**	13.	Specifikace základních materiálů
5.	Číslo zkušebního kusu :		- materiál 1: Nástrojová ocel 1.2367 s 0,38% C
6.	Kvalifikace svářeče :		- materiál 2:
7.	Metoda svařování : EN ISO 4063 111 (MMA)	14.	Svařovaná tloušťka [mm]: t = 13 mm
8.	Druh svaru : EN ISO 6947 BW Tupý svár	15.	Vnější průměr [mm] : D =
9.	Údaje o přípravě svarových ploch :	16.	Poloha svařování : **PA - Vodorovná shora**

17. **Tvar spoje**	18. Rozměry	19. **Postup svařování**
	**a** [mm] 13 **b** [mm] 23 **c** [mm] 24 **α** [°] —	

20. **Parametry pro svařování**

21.	Svarová housenka	**1-2**					
22.	Metoda svařování	111					
23.	Průměr přídav.mater. [mm] - ∅	5					
24.	Svařovací proud [A]	190					
25.	Svařovací napětí [V]	25					
26.	Druh proudu a polarita	DC +					
27.	Přenos kovu přídavného materiálu						
28.	Rychlost podáv.drátu [m.min^{-1}]						
29.	Rychlost svařování [m.min^{-1}]						
30.	Tepelný příkon [kJ.mm^{-1}]						

31. Přídavný materiál - zařazení a značka: Capilla 66, EN 14700: E Fe 3-55-st, 03 - (Rutil – bazický obal)

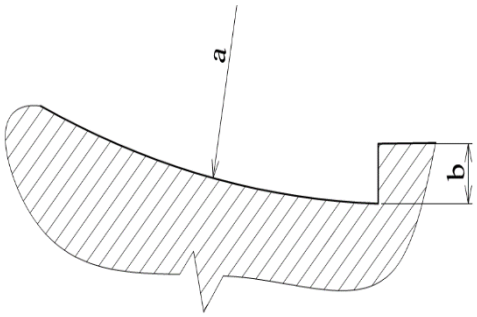
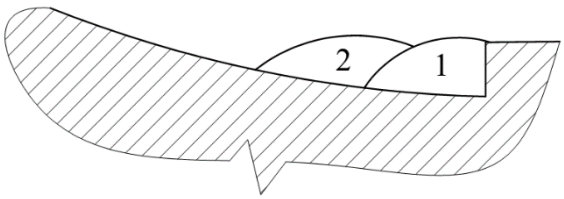
32.	Předpis pro sušení : 100°C/2 hod.	42.	Údaje o podložném kroužku :
33.	Ochranný plyn / tavidlo :	43.	Další informace : Rozkyv - amplituda :
	- ochranný plyn [l.min.$^{-1}$] :		- frekvence a doba prodlevy :
	- ochrana kořene [l.min.$^{-1}$] :		Rozkyv (max.šířka housenky) : Bez rozkyvu
34.	Wolfram.elektroda, druh/průměr :	44.	Údaje pro pulzní svařování :
35.	Údaje o drážkování/podlož. kořene:	45.	Údaje pro plazmové svařování :
36.	Teplota předehřevu [°C] : 300 °C	46.	Úhel nastavení hořáku :
37.	Interpass teplota [°C] :	47.	Druh automatu a svař. hlavy :
38.	Tepelné zpracování / stárnutí : Žíhání 550 °C/2 - 8 hod.		
39.	Doba, teplota, postup :	48.	Prokování svaru :
40.	Rychlost ohřevu a chladnutí :	49.	Poznámky :
41.	Vzdálenost elektrody (kontaktní špičky) od základního materiálu [mm] :		

50.	**Výrobce**	52.	**Zkušební orgán nebo technická dozorčí (inspekční) organizace** VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
	13. 4. 2019 Luděk Kriegsmann		13. 4. 2019
51.	datum, jméno, podpis a razítko svářečského dozoru	53.	datum, jméno, podpis a razítko zkušebního orgánu

Specifikace postupu svařování „pWPS“
dle ČSN EN ISO 15609 - 1 (Obloukové svařování)

Strana: 1
Celkem: 1
Revize č.: 3

1.	**Výrobce :** **Luděk Kriegsmann**	10.	**Zkušební organizace :** VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
2.	Místo : Místo označené číslem 1 v textu práce	11.	Způsob přípravy úkosu :
3.	**Číslo dokladu (WPS) :** BP-191683-19/3	12.	Způsob čištění : kartáčování, odmaštění
4.	**Číslo WPQR :**	13.	Specifikace základních materiálů
5.	Číslo zkušebního kusu :		- materiál 1: Nástrojová ocel 1.2367 s 0,38% C
6.	Kvalifikace svářeče :		- materiál 2:
7.	Metoda svařování : EN ISO 4063 111 (MMA)	14.	Svařovaná tloušťka [mm]: t = 7 mm
8.	Druh svaru : EN ISO 6947 BW Tupý svár	15.	Vnější průměr [mm] : D =
9.	Údaje o přípravě svarových ploch :	16.	Poloha svařování : **PA - Vodorovná shora**

17. **Tvar spoje**	18. Rozměry	19. **Postup svařování**
	**a** [mm] R30 **b** [mm] 7 **c** [mm] — **α** [°] —	

20. **Parametry pro svařování**

21.	Svarová housenka	**1-2**					
22.	Metoda svařování	111					
23.	Průměr přídav.mater. [mm] - ∅	5					
24.	Svařovací proud [A]	190					
25.	Svařovací napětí [V]	25					
26.	Druh proudu a polarita	DC +					
27.	Přenos kovu přídavného materiálu						
28.	Rychlost podáv.drátu [m.min^{-1}]						
29.	Rychlost svařování [m.min^{-1}]						
30.	Tepelný příkon [kJ.mm^{-1}]						

31. Přídavný materiál - zařazení a značka: Capilla 66, EN 14700: E Fe 3-55-st, 03 (Rutil – bazický obal)

32.	Předpis pro sušení : 100°C/2 hod.	42.	Údaje o podložném kroužku :
33.	Ochranný plyn / tavidlo :	43.	Další informace : Rozkyv - amplituda :
	- ochranný plyn [l.min.$^{-1}$] :		- frekvence a doba prodlevy :
	- ochrana kořene [l.min.$^{-1}$] :		Rozkyv (max.šířka housenky) : Bez rozkyvu
34.	Wolfram.elektroda, druh/průměr :	44.	Údaje pro pulzní svařování :
35.	Údaje o drážkování/podlož. kořene:	45.	Údaje pro plazmové svařování :
36.	Teplota předehřevu [°C] : 300 °C	46.	Úhel nastavení hořáku :
37.	Interpass teplota [°C] :	47.	Druh automatu a svař. hlavy :
38.	Tepelné zpracování / stárnutí : Žíhání 550 °C/2 - 8 hod.		
39.	Doba, teplota, postup :	48.	Prokování svaru :
40.	Rychlost ohřevu a chladnutí :	49.	Poznámky :
41.	Vzdálenost elektrody (kontaktní špičky) od základního materiálu [mm] :		

50.	**Výrobce**	52.	**Zkušební orgán nebo technická dozorčí (inspekční) organizace** VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
	13. 4. 2019 Luděk Kriegsmann		13. 4. 2019
51.	datum, jméno, podpis a razítko svářečského dozoru	53.	datum, jméno, podpis a razítko zkušebního orgánu