Svařování nerez ocelí

WELCO spol. s r.o.
26. dubna 245 ◦ 688 01 Uherský Brod ◦ tel./fax: +420 572 637 924 ◦ www.welco.cz

Obalené elektrody pro ruční obloukové svařování (MMA)

Obalené elektrody se skládají z jádrového drátu a z obalu, které dohromady musí plnit následující funkce:

Vytvoření potřebného svarového kovu

Jádrový drát poskytuje základ svarového kovu a z obalu do něho přecházejí některé legující prvky nebo železný prášek.

Vznik strusky potřebných vlastností

Některé složky z obalu pomáhají vytvářet a regulovat vznikající strusku, která chrání a tvaruje vzniklou svarovou lázeň v průběhu svařování.

Vytvoření plynové ochrany

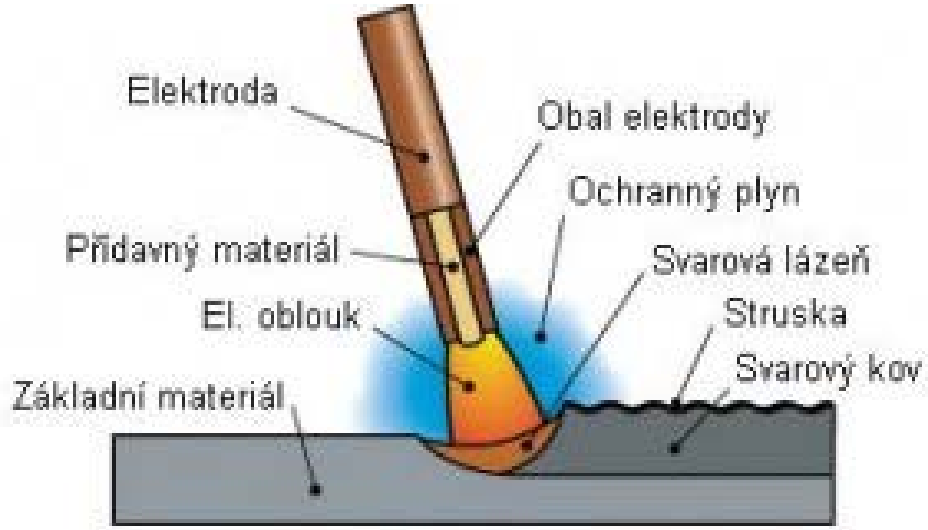
Rozkladem složek obalu v hořícím oblouku vzniká ochranný plyn, který chrání žhavý svarový kov před vlivem okolní atmosféry.

Dezoxidace

V obalu jsou obsaženy některé složky,které umožňují odstranění kyslíku ze svarového kovu. Často jsou přítomny v obalu jako ferroslitiny, např. ferromangan nebo ferrosilicium.

Stabilizace oblouku

Některé složky v obalu příznivě ovlivňují ionizaci v oblouku, což působí na jeho stabilitu.



Svařování nerez ocelí

Pro svařování nerez ocelí se používají tyto typy obalů:

Elektrody s rutilovým obalem (Rutil = minerál, oxid titaničitý)

Jsou snadno ovladatelné, poskytují klidný a stabilní oblouk při použití střídavého i stejnosměrného proudu s minimálním množstvím strusky
a s přechodem svarového kovu v jemných kapkách. Oblouk se zapaluje velmi snadno a povrch svaru je hladký s vynikající odstranitelností strusky.

Elektrody s bazickým obalem (kazivec + vápenec)

Jsou používány v náročnějších aplikacích například tam, kde je vyžadována vysoká houževnatost svarového kovu při kryogenních teplotách. Rychle tuhnoucí svarový kov nabízí dobré svařovací vlastnosti
i výkon při svařování v polohách. Bazické složky v obalu jsou zárukou vysoké čistoty svarového kovu a tento typ elektrod poskytuje svarový kov s nejmenší porezitou a s odolností proti vzniku trhlin za horka.

Vysokovýtěžkové elektrody

Obsahují v obalu značné množství železného prášku, který zvyšuje výkon odtavení na hodnoty i přes 130%. Svarová lázeň je větší a svařování je možné pouze v poloze vodorovné shora.

Elektrody se speciálním obalem

Pro oblast oprav se používají elektrody se speciálním rutilo-bazickým obalem, který poskytuje vynikající svařovací vlastnosti s minimální porezitou svarového kovu.

Pro svislé svary v poloze shora dolů se používají elektrody se speciálním rutilo-kyselým obalem, které vzhledem k poměrně značné svařovací rychlosti zaručují i minimální deformace.

Dráty pro svařování nerezavějících ocelí v ochranné atmosféře (MIG)

Svařovací veličiny

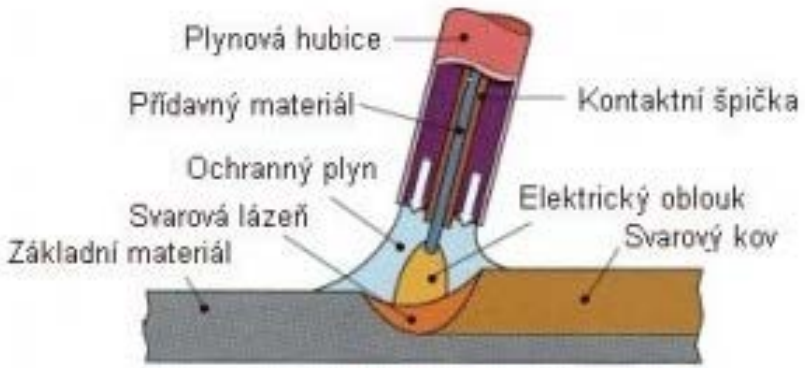
Svařování metodou MIG může probíhat třemi způsoby: krátkým obloukem (zkratovým přenosem), sprchovým obloukem a pulsním svařováním.

Zkratový přenos je používán pro tenké materiály, pro kořenové svary a pro svařování tlustších materiálů v polohách. Probíhá při nižších nastavených hodnotách proudu i napětí než sprchový přenos. Kov z drátu přechází do roztavené lázně v kapkách.

Při **sprchovém přenosu** přechází kov do roztavené lázně ve tvaru mnoha jemných kapek v bezzkratovém přenosu. Tato technika je daleko produktivnější a je nejčastěji doporučována pro polohu vodorovnou shora a pro tloušťky větší než 3 mm.

Svařování nerez ocelí

Při pulsním svařování je přechod kovu obloukem řízen vhodnými pulsy napětí, které jsou superponovány na jeho základní úroveň. Tak na základě uměle vytvořeného zkratu s jedinou kapkou dojde k následujícímu sprchovému přenosu. Průměrný svařovací proud je významně nižší než při běžném sprchovém přenosu, což je výhodou při svařování mnoha druhů nerezavějících ocelí. Pulsní svařování může být využito při všech polohách svařování s kontrolovaným vneseným teplem.



Ochranné plyny

Kromě obecné ochrany oblouku i tavné lázně musí ochranný plyn splňovat ještě následující důležité úlohy:

- Vytvářet plazma oblouku
- Stabilizovat konec oblouku na povrchu svařovaného materiálu
- Vytvářet hladký přenos roztavených kapek kovu z drátu do svarové lázně

Ochranný plyn proto bude mít podstatný vliv na stabilitu oblouku i na způsob přenosu svarového kovu i na chování svarové lázně včetně hloubky závaru. Jako ochranný plyn pro MIG svařování nerezavějících ocelí se všeobecně používají směsi argonu, kyslíku a kysličníku uhličitého, některé speciální směsi mohou obsahovat helium.

Svařování nerez ocelí

Hlavní typy plynu pro svařování nerezavějících ocelí jsou následující:

- Argon + 1 – 2% kyslíku
- Argon + 2 – 3% kysličníku uhličitého
- Argon + helium + kysličník uhličitý + vodík

Čistě inertní plyn jako argon nebo směs argon-helium se doporučuje obvykle pouze pro svařování vysokoniklových ocelí a slitin niklu.

Při použití čistého inertního plynu při svařování nerezavějících ocelí je oblouk velmi nestabilní. Malý přídavek kysličníku uhličitého nebo kyslíku do argonu zlepší nejen stabilitu oblouku, ale i tekutost a smáčivost tavné lázně. Tento přídavek rovněž omezí vznik vrubů a zápalů, které jsou problémem při svařování v čistém argonu.

Svařování nerez ocelí

V případě svařování ELC ocelí (tj. nerezavějících ocelí s obsahem uhlíku pod hranicí 0,03%) není dovoleno zvýšení obsahu uhlíku ve svarovém kovu. Obecně je známo, že argon s obsahem až 5% CO_2 se chová jako neutrální prostředí, ale při svařování ELC ocelí toto musí být vzato v úvahu. Jestliže se bude taková ocel svařovat ve sprchovém přenosu v prostředí argonu s obsahem 2% kysličníku uhličitého, dojde ke zvýšení obsahu uhlíku ve svarovém kovu o 0,01%. Pro svařování zkratovým procesem nabízí určité výhody použití čtyřsložkového plynu ($Ar + He + CO_2 + O_2$) .

Helium ve směsi může poskytnout lepší ochranu při svařování v polohách a zvýšení průvaru. Pokud svařujeme neaustenitické nerezavějící oceli, nesmí se ve směsi objevit vodík.

Svařování nerez ocelí

Dráty pro MIG svařování

Většina WELCO drátů pro svařování nerez ocelí je díky speciálnímu výrobnímu postupu vyráběna s matným povrchem. Tato technologie dodává drátům lepší svařovací vlastnosti, vyšší stabilitu oblouku a vyšší výkon. Protože při výrobě dochází ke zvýšení tuhosti drátu, je svařovací proud bez větších napěťových výkyvů.
Matný povrch je dokončován použitím speciální přísady, která se ale nehromadí v podávacím systému, ani ve svařovacím hořáku.

Doporučené parametry svařování

Průměr (mm)	Napětí (V)	Proud (A)
0.8	16-22	50-140
1.0	16-24	80-190
1.2	20-28	180-280
1.6	24-28	250-350

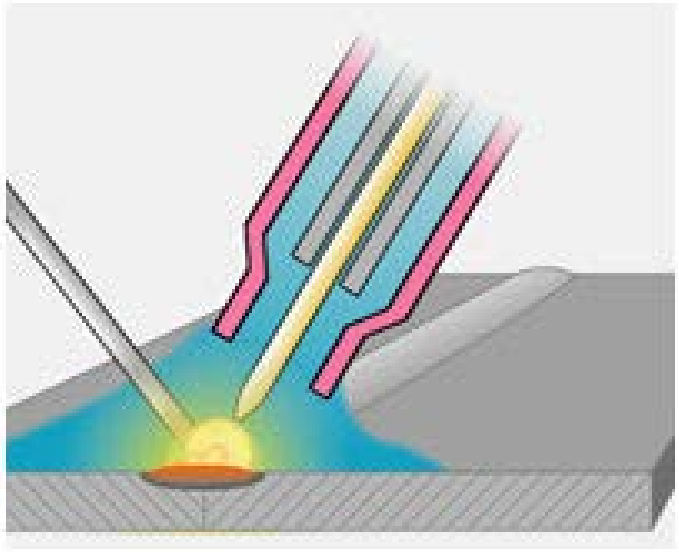
Dráty pro TIG svařování

Svařovací veličiny

TIG svařování nerez ocelí se provádí stejnosměrným proudem s přímou polaritou, tzn. s elektrodou, zapojenou na záporný pól zdroje. Pulsní svařování můžeme použít tehdy, jestliže chceme mít dobrou kontrolu nad vneseným teplem. To je výhodné zejména při svařování tenkých plechů z nerez oceli a pro svařování v polohách. Pro určení velikosti svařovacího proudu obvykle platí, že se užívá hodnota 30 až 40 A na každý milimetr svařované tloušťky. Metoda TIG je především vhodná pro svařování tenkých materiálů – úspěšně mohou být svařovány i tenké kovové díly tloušťky od 0,3 mm. Pro větší tloušťky, např. 5 až 6 mm je metoda TIG často používána pro svaření kořenové vrstvy a výplň je prováděna buď plným drátem (MIG) nebo obalenou elektrodou.

Svařování nerez ocelí

Elektrody pro TIG svařování nerez ocelí mohou být vyrobeny buď z čistého wolframu (WP), nebo se užívají elektrody z wolframu, legovaného kysličníkem céru (WC) nebo lanthanu (WL), které mají lepší vodivost, než elektrody z čistého wolframu.



WELCO spol. s r.o.
26. dubna 245 · 688 01 Uherský Brod · tel./fax: +420 572 637 924 · www.welco.cz

Ochranný plyn

Při svařování TIG se používají pouze inertní plyny argon nebo helium. Pro ruční TIG svařování se doporučuje argon, pro mechanizované způsoby svařování pak čisté helium hlavně tam, kde je třeba vysoká rychlost svařování.

V některých případech může být argon používán i ve směsi s heliem, dokonce i s redukčními plyny. Při svařování austenitických typů je tolerován i vodík.

Jestliže nelze použít moření a svařování kořenové vrstvy bylo provedeno z jedné strany a elektrodou, která nevytváří strusku (TR 16xx), musí být kořenová strana svaru chráněna před vlivem atmosféry. Jestliže je plynová ochrana nedostatečná, může být okolí svaru zoxidováno a svar může být pórovitý. V tomto případě se pro ochranu kořene používá buď inertní plyn, nebo redukční plynová směs.

Svařování nerez ocelí

Příkladem redukčního plynu je směs dusíku s vodíkem, ale množství vodíku musí být malé, pouze 5 až 10%. Někdy je praktické použít stejný plyn pro vlastní svařování i pro ochranu kořene. Mělo by být vzato v úvahu, že dusík v plynu pro ochranu kořene může ovlivnit obsah feritu ve svarovém kovu. Dusík stabilizuje austenitickou strukturu ve svarovém kovu a ferit by neměl poklesnout pod hodnotu 2, aby bylo omezeno nebezpečí vzniku trhlin za horka.

Doporučené rozsahy svařovacího proudu

Průměr elektrody (mm)	Typ elektrody/proud (A)	
	WP	WC, WL
1.6	40-130	60-150
2.4	130-230	170-250
3.2	160-310	225-330
4.0	275-450	350-480

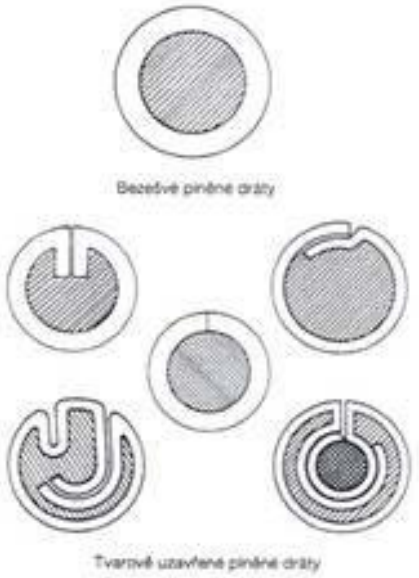
Trubičkové dráty pro svařování MIG/MAG

Nejpopulárnější technologií svařování nerezavějících ocelí bylo tradičně svařování obalenou elektrodou, následované metodami MIG, TIG a svařováním pod tavidlem. Svařování plným drátem je rychlejší než obalenou elektrodou, ale vzhledem k nízkému svařovacímu proudu při polohovém svařování s kapkovým přenosem trpí nedostatky jako jsou úroveň rozstřiku, zoxidovaný povrch svaru nebo defekty v oblasti protavení.

Na začátku výroby plněné elektrody (trubičkového drátu) je obvykle páska, která se nejdříve tvaruje do tvaru písmene "U", do ní se potom ukládá tavidlo a legující materiály a nakonec se páska v sérii formovacích kladek uzavírá.

Svařování nerez ocelí

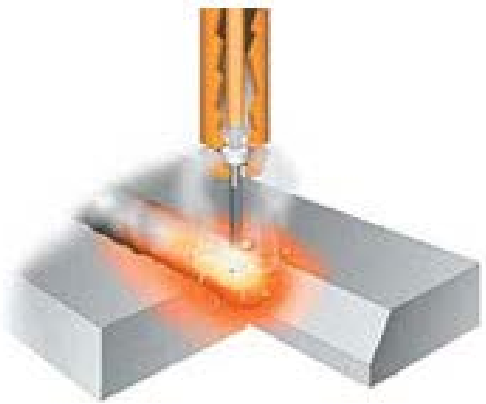
Jako u svařování MIG/MAG závisí i tato metoda na ochranném plynu, který chrání svarovou oblast roztaveného kovu. Plyn se dodává buď samostatně (trubičkový drát je určen pro svařování v ochranné atmosféře) nebo vzniká rozkladem přísad z náplně (trubičkový drát s vlastní atmosférou). Kromě ochranného plynu produkuje trubičkový drát strusku, která slouží jako další ochrana při chladnutí svarového kovu a poté se z jeho povrchu odstraní.



Svařování nerez ocelí

Výhody trubičkových drátů jsou následující:

- Zvýšení výkonu odtavení cca o 30% proti plným drátům a přibližně 4x proti ručnímu svařování obalenou elektrodou vede k vyšší svařovací rychlosti a ke zmenšení deformací.
- Trubičkové dráty dovolují svařování všech druhů nerez ocelí jak v poloze vodorovné shora, tak i v jiných polohách.
- Získaná vlhkost je minimální, takže je eliminována počáteční porezita.



Svařování nerez ocelí

Pro svařování nerez ocelí se používají převážně rutilové náplně. Rutilové typy jsou určeny pro použití s ochrannými plyny Ar/CO_2, což
přináší úspory na nákladech za ochranný plyn a snížením vyzařovaného tepla zlepšuje pracovní podmínky svářeče.

Trubičkové dráty WELCO byly speciálně vyvinuty pro zajištění optimálních podmínek při svařování ve všech polohách. V závislosti na poloze bude rychle tuhnoucí struska produkovat plochý svar. Díky rutilovému struskovému systému vždy pracují se sprchovým přenosem a mohou být použity při vysokých proudech a poskytují proto vysoký výkon odtavení.

Svařování nerez ocelí

Odstranění strusky nedělá potíže dokonce ani u tupých V-svarů, a pokud tato není přímo samoodstranitelná, může být odstraněna s minimální námahou. Rozstřik téměř neexistuje, což znamená úsporu času na jeho odstranění. Vzhledem k extrémně stabilnímu oblouku při podmínkách sprchového procesu dochází k vysoké účinnosti přenosu kovu z plněné elektrody. V závislosti na jejím průměru a na použitém proudu tato účinnost bude 80 až 85%.

Při srovnání produktivity při svařování ve svislé poloze je trubičkový drát průměru 1,2 mm asi 3x rychlejší než elektroda pro ruční svařování o průměru 3,2 mm a asi 2x rychlejší než plný drát o průměru 0,9 mm.

Ochranné plyny

Trubičkové dráty jsou velmi tolerantní k použití různých druhů ochranných plynů. Vyšší obsah CO_2 v plynu znamená i vyšší obsah uhlíku ve svarovém kovu, jeho nižší legování a nižší obsah feritu.

Náhrada čistého argonu čistým CO_2 přitom znamená jen okrajové zvýšení obsahu uhlíku o 0,01% a snížení obsahu chromu o 0,1%.

Vliv druhu ochranného plynu na mechanické vlastnosti svarového kovu je rovněž minimální a změny jsou jen zanedbatelné.

Vzhledem k pracovním charakteristikám CO_2 by jeho obsah ale neměl být menší než 20%, protože potom dochází ke zhoršení stability hoření oblouku.

Hlavní druhy nerezových ocelí

Nerezavějící oceli vděčí za svou korozní odolnost existenci „pasivačního“ na chrom bohatého oxidického filmu, který vzniká na jejich povrchu. I když je tento film velmi tenký a neviditelný, drží velmi pevně a je chemicky stabilní za podmínky dostatečného množství kyslíku na povrchu. Za této podmínky se ochranný film při porušení znovu vytvoří a to i tehdy, jestliže povrch je poškrábán, vroubkován nebo řezán, protože vzdušný kyslík ihned vytváří s chrómem nový ochranný film.

Jako příklad jsou již po mnoho let uváděny právě nože z takové oceli – denním používáním se opotřebovávají a jsou přebrušovány, ale stále jsou nerezavějící.

Svařování nerez ocelí

Je velmi příznivé, že korozní odolnost ve slitinách na bázi železa může být získána jednoduše přidáním dostatečného množství chrómu a že vhodným dodáním dalších prvků jako niklu a uhlíku mohlo být dosaženo širokého rozsahu mikrostruktur.

Od té doby mohou nerezavějící oceli nabídnout pozoruhodný rozsah mechanických vlastností a korozní odolnosti a jsou vyráběny ve velkém počtu druhů.

Vlastnosti jako korozní odolnost, tvářitelnost, svařitelnost, pevnost a houževnatost za nízkých teplot jsou široce ovlivněny mikrostrukturou. Nerezavějící oceli jsou proto rozděleny do několika skupin podle typu jejich mikrostruktury. Většinu nerezavějících ocelí lze proto zařadit do skupin, uvedených v následující tabulce.

Svařování nerez ocelí

Typ nerez ocele	Chemické složení v %		Použití
	Standardní prvky	Speciální prvky	
Feritická	Do 0,08 C 10,5-19 Cr 0-2,5 Ni 0-2,5 Mo + Ti, Nb	Zvýšení Cr, Mo Extra nízký C a N	Potravinářství, nádobí autodíly, chemický průmysl
Martensitická	0,1-0,5 C 11-17 Cr 0-2,5 Ni 0-1 Mo	Zvýšení Ni, Mo, C Extra nízký C pro lepší svařitelnost Někdy Nb, Ti, V, Cu, Al	Nástroje a strojní díly Ropný a plyn. průmysl Chemický prům.
Austenitická	Do 0,08 C (typ.0,03) 16-19 Cr 6-16 Ni 0-5 Mo	Zvýšení Ni, Mo, Cr Stabilizace s Nb, Ti Zlepšení obrob. S někdy Cu, N	Zařízení, nádoby a trubky v potravinářském, chemickém a papírenském průmyslu
Duplexní (Austeniticko-feritická)	Do 0,03 C 18-30 Cr 1,5-8 Ni 1,5 Mn 0-4 Mo 0,1-0,3 N	Zvýšení N, Mo, Cr Někdy Cu, W	Ropný, plynárenský, chemický a papírenský průmysl, tepelné výměníky, chemické tankery

WELCO spol. s r.o.
26. dubna 245 ◦ 688 01 Uherský Brod ◦ tel./fax: +420 572 637 924 ◦ www.welco.cz

Svařování nerez ocelí

Mimo tyto základní typy ocelí existují ještě speciální typy ocelí:

Super-austenitické a super-duplexní ocele - mají zlepšenou odolnost proti důlkové korozi (pittingu) a proti koroznímu praskání ve srovnání s běžnými austenitickými nebo duplexními typy. Je to důsledek vyššího legování chrómem, molybdenem a dusíkem.

Super martenzitické ocele - mají velmi nízký obsah uhlíku, což významně zlepšuje jejich svařitelnost. Jsou rovněž možné žáropevné verze těchto ocelí. Mají částečně modifikované složení a pokud jsou určeny pro creepové aplikace (Creep - pomalá plastická deformace materiálu vyvolaná dlouhodobým působením teploty a času), mají poněkud vyšší obsah uhlíku.

Vlastnosti a svařitelnost

Feritické nerezavějící oceli

Vlastnosti feritických nerezavějících ocelí jsou podobné, jako mají konstrukční oceli, ale s lepší korozní odolností vzhledem k typickému obsahu chrómu v rozmezí 11 až 17%. Nejsou příliš drahé vzhledem k nízkému obsahu niklu a mají dobrou odolnost proti praskání pod napětím v chloridovém prostředí. Některé vysoce legované typy vykazují špatnou houževnatost při nízkých teplotách a jsou náchylné i ke křehnutí při vysokých teplotách.

Svařitelnost feritických nerezavějících ocelí závisí na jejich složení. Moderní typy s kontrolovaným obsahem martenzitu jsou běžně svařitelné.

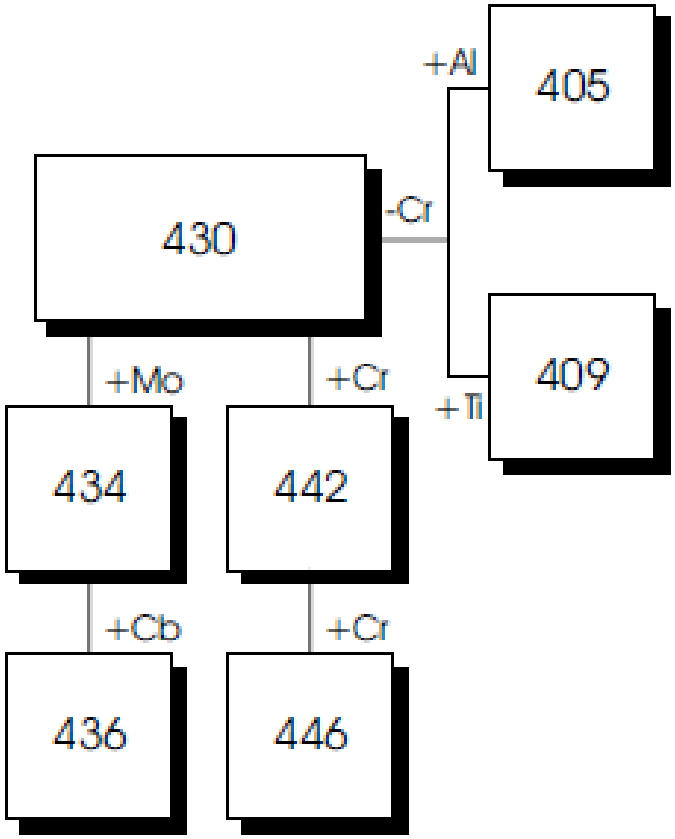
Svařování nerez ocelí

Všechny feritické nerez ocele však vykazují růst zrna v TOO a důsledkem je ztráta houževnatosti. Proto musí být limitována interpass teplota (maximální teplota předchozí vrstvy při vícevrstvém svařování. Pokud je skutečná teplota po předehřátí nižší než požadovaná interpass teplota, existuje reálné nebezpečí vzniku zákalné struktury v TOO .Ta se stává náchylnou k praskání za studena. Při příliš vysoké teplotě oproti předepsané interpass teplotě dochází v TOO k růstu velikosti zrn, což nepříznivě ovlivňuje výslednou pevnost svarového spoje) a teplo, vnesené do svaru. Jako prevence proti vzniku trhlin při ochlazování je pro tloušťky nad 3 mm a pro oceli s možnou tvorbou martenzitu doporučován předehřev.

Pro svařování feritických nerez ocelí se používají rovněž feritické přídavné materiály se složením, odpovídajícím základní svařované oceli nebo přídavné materiály austenitické. Feritické nerez ocele jsou odolné proti korozi i v atmosférách obsahujících síru. V těchto případech se nedoporučuje používat austenitické přídavné materiály.

***Doporučený** produkt: WELCO 1649, 1668*

Svařování nerez ocelí

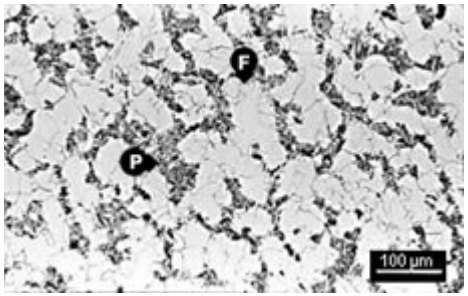


Ferritic Group

Martenzitické nerez ocele

Martenzitické nerez ocele mohou být zpevněny zakalením a popuštěním podobně jako běžné uhlíkové oceli. Mají menší odolnost proti korozi a obsahují 11 až 13% chrómu. Obsah uhlíku je vyšší než u feritických nerez ocelí. Martenzitické nerez ocele jsou používány pro jejich vysokou pevnost, tvrdost a korozní odolnost.

V současné době jsou vyráběny supermartenzitické nerez ocele s velmi nízkým obsahem uhlíku a se zlepšenou korozní odolností i svařitelností. Ve srovnání s ostatními druhy nerezavějících ocelí je jejich svařitelnost horší a dále se zhoršuje s rostoucím obsahem uhlíku, protože vždy vzniká tvrdá a křehká oblast v základním materiálu, přiléhajícím ke svaru.



Svařování nerez ocelí

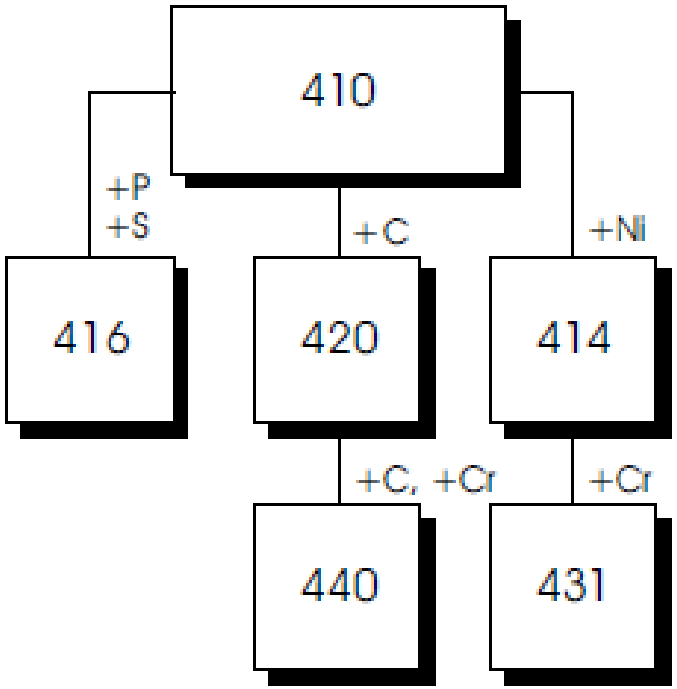
Běžně je při svařování vyžadován předehřev, dodržování minimální interpass teploty, následující ochlazování, žíhání a další pomalé ochlazování. Jestliže tyto podmínky jsou ignorovány, existuje významná možnost výskytu trhlin za studena ve tvrdé a křehké přechodové oblasti. Martenzitickoaustenitické a supermartenzitické ocele vyžadují jen nízký nebo žádný předehřev a následné tepelné zpracování po svařování.

Jestliže vlastnosti svaru mají být obdobné jako vlastnosti základního materiálu, používají se pro svařování rovněž martenzitické svařovací materiály. Běžně však jsou preferovány austenitické přídavné materiály, protože snižují nebezpečí vzniku trhlin. Jestliže mají být svařovány oceli s rozdílnou strukturou, mělo by být využito polštářkování. Povrch svarových hran je při tom navařen austenitickým přídavným materiálem s následujícím tepelným zpracováním, nutným k obnovení houževnatosti. Polštářkovaná vrstva je přitom tak silná, aby zabránila strukturálním změnám, ke kterým by mohlo dojít při kompletaci svaru.

***Doporučený** produkt: WELCO 1649*

Svařování nerez ocelí

Martensitic Group



Svařování nerez ocelí

Austenitické nerez ocele

Austenitické nerez ocele obsahují nejméně 6% niklu pro stabilizaci struktury a pro zabezpečení tažnosti a houževnatosti v širokém rozsahu teplot použití, nemagnetických vlastností a dobré svařitelnosti. Tvoří nejrozšířenější skupinu nerezavějících ocelí s největším počtem aplikací. Od základního, dnes už klasického chemického složení 18Cr8Ni, byl již vyvinut velký počet modifikací této oceli.

Některé z všeobecně používaných variant obsahují Mo pro zvýšení odolnosti proti důlkové korozi, jiné Ti nebo Nb pro stabilizaci proti precipitačnímu vzniku karbidů chrómu, které jsou příčinou mezikrystalové koroze, jiné obsahují N pro zvýšení pevnosti. Korozní odolnost je dobrá až vynikající v závislosti na stupni legování a na okolním prostředí.

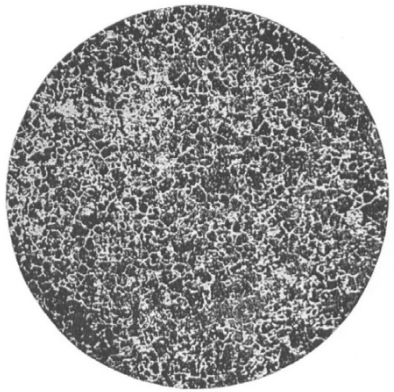
Úroveň legování chrómem, molybdenem a dusíkem má velký vliv na korozní odolnost především u vysoce legovaných druhů, které jsou obvykle nazývány superaustenity.

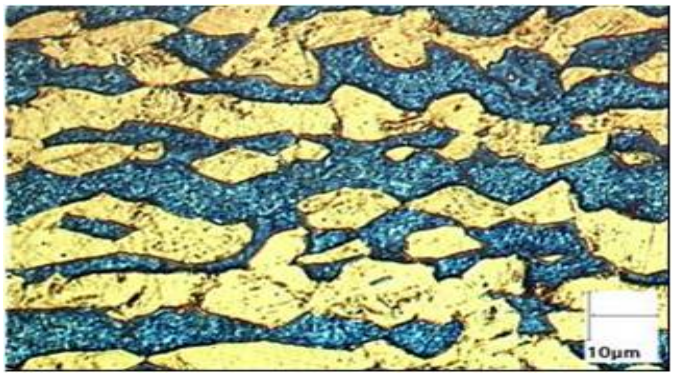
Svařování nerez ocelí

Jiná všeobecné uznávaná rozdělení do skupin jsou např.:

běžné austenitické ocele, stabilizované austenitické ocele, plně austenitické ocele, austenitické ocele legované dusíkem, žáruvzdorné austenitické ocele nebo ocele se zlepšenou obrobitelností.

Austenitické nerez ocele mají ve většině případů vynikající svařitelnost a mohou být použity všechny hlavní technologie svařování. Nemají vytvrzovací efekt, ale nadměrné vnesené teplo a teplota předehřevu by měla být omezena jednak pro minimalizaci vzniku trhlin za tepla a deformací, u nestabilizovaných druhů s obsahem uhlíku nad hranicí 0,03% pak k omezení zcitlivění pro zamezení mezikrystalové koroze.





Svařování nerez ocelí

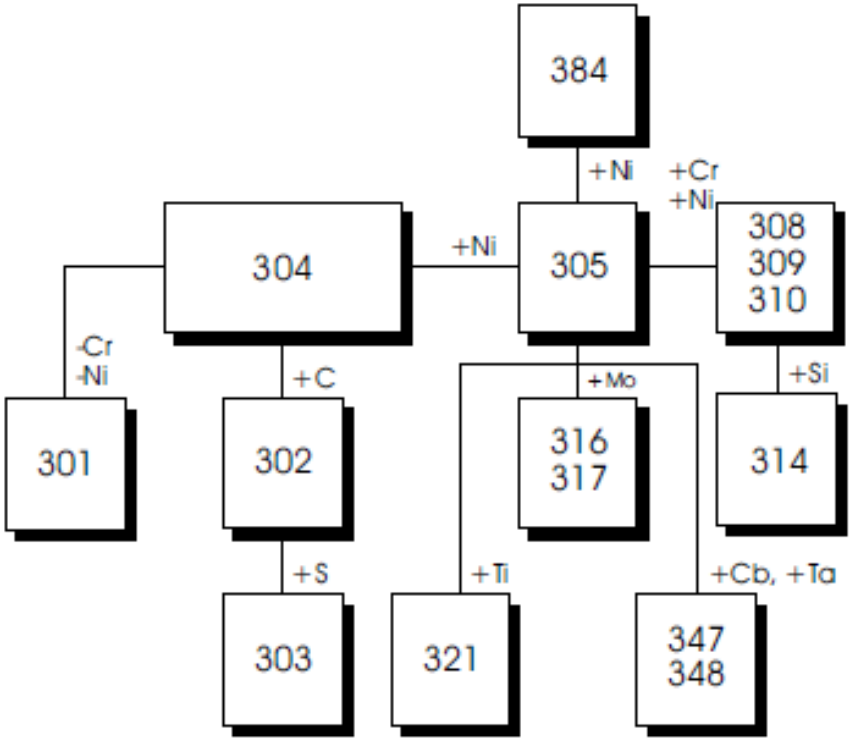
Austenitické nerez ocele se běžně svařují přídavnými materiály podobného chemického složení nebo výše legovanými typy s ohledem na základní materiál. Výše legované druhy svařovacích materiálů jsou doporučovány pro vysoce legované druhy k zajištění korozní odolnosti.

Pro superaustenitické ocele jsou obecně používány přídavné materiály na bázi niklu. V průběhu svařování však ve svarovém kovu i v tepelně ovlivněné oblasti může vznikat ferit, který může pozitivně ovlivnit náchylnost ke vzniku trhlin za tepla.

Přídavné materiály pro svařování běžných austenitických nerezavějících ocelí obvykle poskytují určité množství feritu ve svarovém kovu.
V aplikacích, kde je vyžadován plně austenitický svarový kov, se doporučuje zamezit vzniku trhlin za tepla použitím přídavného materiálu s Mn (WELCO 1630)

***Doporučené** produkty: WELCO 1660, 1668, 1678, 1681, 1686, 1687, 1689, 1690*

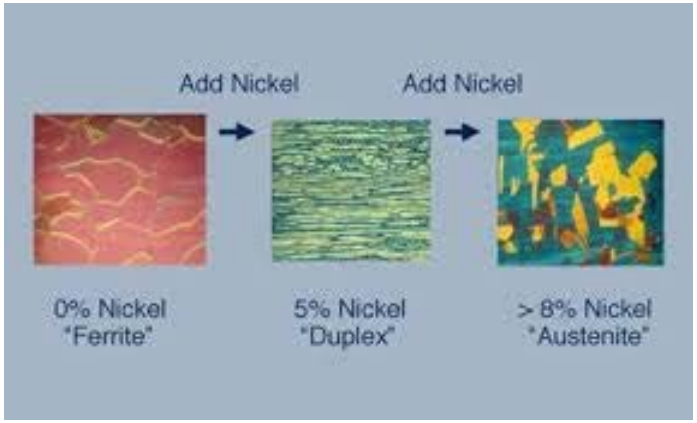
Svařování nerez ocelí

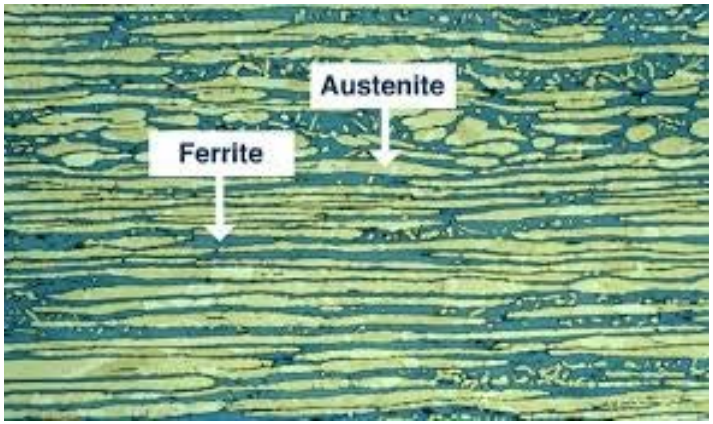


Austenitic Group

Duplexní (austeniticko-feritické) nerez ocele

Duplexní nerez ocele mají strukturu tvořenou směsí feritu a austenitu s přibližně shodným podílem, proto je používán termín „duplexní ocele“. Jsou legovány kombinací niklu a dusíku, která umožňuje vznik částečné austenitické struktury s prostorově orientovanou mřížkou a zlepšuje mechanické vlastnosti a korozní odolnost. Existuje široký rozsah duplexních ocelí, které nabízejí atraktivní kombinaci vysoké pevnosti a dobré korozní odolnosti.





Svařování nerez ocelí

Duplexní nerezavějící ocele mají obecně dobrou svařitelnost a mohou být svařovány s použitím všech známých svařovacích metod. Svařovací materiály pro tyto oceli jsou buď rovněž duplexního typu, ale s chemickým složením částečně odlišným od základní oceli, nebo používáme takové druhy, které obsahují vyšší obsah některých prvků, např. niklu, abychom získali nadměrné množství feritu, který by jinak zhoršil vlastnosti. Svařování bez přídavného materiálu u tohoto typu ocelí není obvykle doporučováno. Předehřev není nutný, ale vnesené teplo musí být udrženo v určitých hranicích v závislosti na druhu oceli. Příliš nízké vnesené teplo nebo příliš vysoké vnesené teplo vede k poklesu houževnatosti i korozní odolnosti.

***Doporučený** produkt: WELCO 1690*

Spoje rozdílných druhů ocelí

Rozdílné druhy nerez ocelí mohou být spolu většinou svařovány bez obtíží. Je však podstatné, aby použitý přídavný materiál měl nejméně stejné mechanické vlastnosti a korozní odolnost jako horší z obou svařovaných materiálů a aby byla respektována dále uvedená doporučení.

Nerez ocel může být také svařována s nelegovanou nebo s nízkolegovanou ocelí s vynikajícími výsledky, jestliže ocel má odpovídající svařitelnost a jestliže jsou dodrženy některé dále uvedené návody k zamezení vzniku trhlin.

Stejné základní úvahy je možno využít pro navařování nerezavějících vrstev na nelegované nebo nízkolegované oceli. Hlavním problémem při svařování je vyhnout se vzniku trhlin ve svarovém kovu nebo v tepelně ovlivněné oblasti základního materiálu. Tyto trhliny mohou být iniciovány vodíkem nebo se jedná o trhliny za horka, způsobené vlivem přídavného materiálu nebo technologie svařování.

Svarový kov

Abychom se vyhnuli vzniku tvrdých a křehkých vrstev a struktur náchylných k trhlinám za horka, musíme brát v úvahu rozředění přídavného svarového kovu základním materiálem.

Přídavný materiál charakteru nelegované oceli poskytne vysoce legovanou křehkou martenzitickou strukturu, jestliže bude navařen na nerezavějící ocel. Při použití běžného nerezového přídavného materiálu při svařování nelegované oceli bude výsledkem stejná nepříznivá mikrostruktura. V obou případech existují tvrdé a křehké oblasti svarů s pravděpodobně vysokou náchylností na vznik trhlin.

Existují tři hlavní postupy, jak získat kvalitní heterogenní spoje mezi nerezavějící a nelegovanou nebo nízkolegovanou ocelí.

Svařování nerez ocelí

První postup spočívá v tom, abychom získali svarový kov s austenitickou strukturou s malým množstvím feritu, tento svarový kov má dobrou odolnost proti trhlinám a vysokou tažnost.
Jsou používány přelegované přídavné materiály jako WELCO 1689 a WELCO 1660. S dobrými výsledky mohou být použity i přídavný materiál, poskytující duplexní svarový kov WELCO 1690.

Druhý postup spočívá v použití přídavných materiálů, produkujících více či méně plně austenitický svarový kov. V tomto případě je potřebná odolnost proti vzniku trhlin dosahována vysokým legováním manganem. Příkladem takového přídavného materiálu je WELCO 1630.

Třetí postup využívá přídavné materiály na bázi niklu, tyto materiály by měly být používány tam, kde provozní teploty přesahují úroveň přibližně 350 až 400°C, aby byla omezena difúze uhlíku do svaru. Vhodné materiály jsou WELCO 1925 a WELCO 1960.

Koroze nerez ocele

Velmi tenká vrstva na chrom bohatých kysličníků, která vzniká na povrchu nerez ocelí za přítomnosti kyslíku, je chrání proti korozi.

Nerez ocele ale nemohou být pokládány za „nezničitelné“. Jejich pasivní stav se může změnit pod vlivem různých podmínek a výsledkem jsou druhy koroze, které jsou dále vysvětleny.

Je proto důležité opatrně vybírat vhodný druh ocele pro konkrétní použití. Musí být vzat v úvahu i vliv svařování na případnou změnu korozní odolnosti.

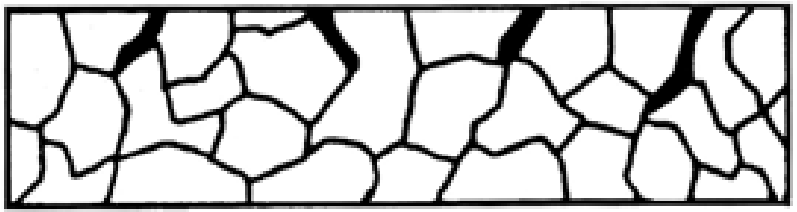
Rovnoměrná koroze

je typem koroze, která postupuje více či méně rovnoměrně stejnou rychlostí po celém povrchu. Napadení tímto způsobem koroze můžeme očekávat především v kyselých a v silně alkalických prostředích.
Odolnost proti rovnoměrné korozi je obvykle zvyšována obsahem chrómu, niklu a dusíku v oceli.

Mezikrystalová koroze

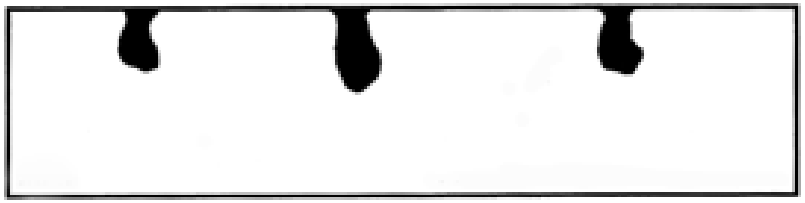
Místní korozní napadení, které působí po hranicích zrn, se nazývá mezikrystalovou korozí.

Nerez ocele se mohou stát citlivé k tomuto typu korozního napadení tehdy, jestliže jsou používány při vysokých teplotách v rozmezí cca 500 – 850°C.
Zabránit tomu můžeme jednak snížením obsahu uhlíku, jednak dodáním stabilizačních prvků jako je titan a niob.



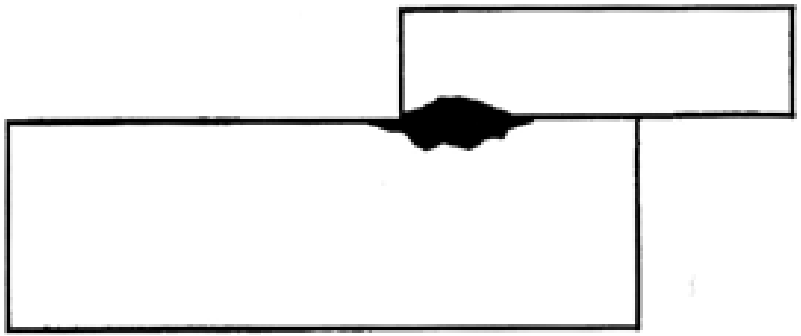
Důlková koroze (Pitting)

je typem lokální koroze, která může být vysoce destruktivní až s výsledkem proděravění určitého materiálu. Výskyt důlkové koroze je nejčastější v prostředích, obsahujících neutrální a nebo kyselé chloridy.
Odolnost proti důlkové korozi se zvyšuje se zvyšováním obsahu chrómu, molybdenu a dusíku.



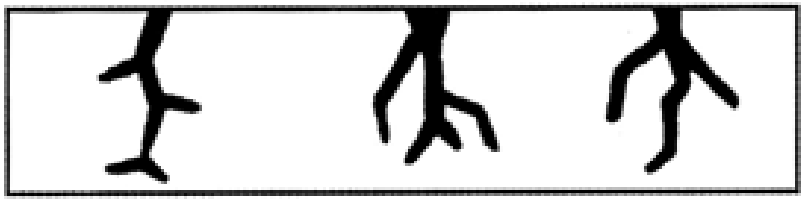
Štěrbinová koroze

Tento druh korozního napadení je vlastně lokální korozí, která vzniká na hranách trhlin a prasklin za stejných podmínek, jako koroze důlková. Tento typ koroze však vzniká a postupuje snadněji uvnitř trhlin, zaplněných tekutinou. V těchto případech je kyslík, potřebný ke vzniku pasivační vrstvy rychle vyčerpán. Zvláštní druh této koroze se nazývá koroze pod úsadami. Ta vzniká pod nekovovým povlakem na povrchu kovu. Oceli s dobrou odolností proti důlkové korozi mají i dobrou odolnost proti štěrbinové korozi.



Korozní praskání pod napětím

Korozní praskání pod napětím (SCC) vzniká kombinací tahového napětí při současném vlivu korozního prostředí. Korozní povrch může zdánlivě vypadat jako zcela neporušený, zatímco jemné praskliny hřebenovitě pronikají do hloubky materiálu. Běžné austenitické oceli jsou k tomuto typu koroze náchylné za přítomnosti roztoků, obsahujících chloridy. Nebezpečí se zvyšuje s jejich rostoucí koncentrací, s větším tahovým napětím a se zvyšující se teplotou. SCC se jen zřídka objevuje v roztocích s teplotou do 60°C. Feritické a duplexní nerezavějící oceli jsou proti tomuto typu koroze velmi odolné. U austenitických typů se dá jejich odolnost zvýšit při vyšším obsahu niklu a molybdenu.



Ferit ve svarových kovech

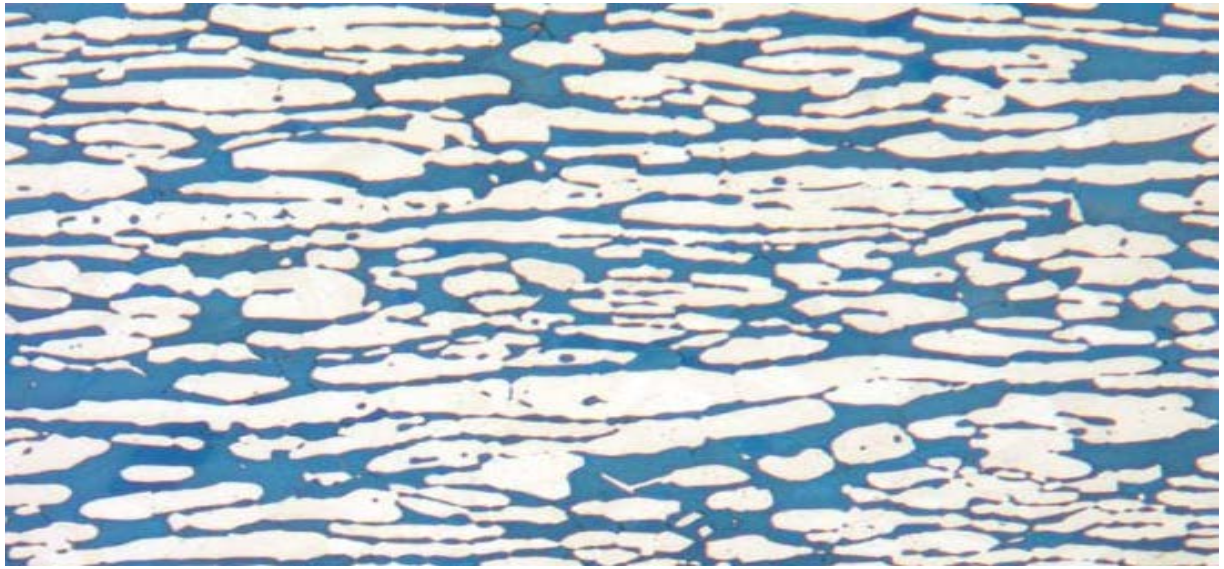
Ferit je obvykle hlavní a podstatnou složkou ve svarových kovech feritických a duplexních ocelí. Určitý podíl feritu může být často nalezen i ve svarových kovech martenzitických a u většiny austenitických ocelí.

Obsah feritu ve svarovém kovu může ovlivňovat v širokém rozsahu řadu vlastností včetně korozní odolnosti, houževnatosti, dlouhodobé strukturní stability při vysokých teplotách i odolnosti proti vzniku trhlin za horka. Austenit má vyšší houževnatost a tažnost než ferit, hlavně při nízkých teplotách, je nemagnetický a méně náchylný vytvářet křehké fáze při provozních teplotách. Na druhé straně ferit vykazuje vysokou odolnost proti koroznímu praskání pod napětím, je magnetický a obvykle má vyšší mez kluzu než austenit.

Svařování nerez ocelí

Důležitou vlastností feritu ve svarových kovech je jeho vliv na způsob tuhnutí, tzn. že svary, které začínají tuhnout jako austenitické, jsou více náchylné ke vzniku trhlin za horka než svary, které začínají tuhnout jako feritické.

Většina svarových kovů, je navržena tak, aby tuhnutí probíhalo přednostně feriticky pro zvýšení odolnosti proti vzniku trhlin za horka.



Měření a predikce obsahu feritu

Obsah feritu je často požadován pro kvalifikaci svarového procesu a také je někdy uváděn pro jednotlivé svařovací materiály.

Obsah feritu může být zjišťován metalograficky bodovou metodou, magnetickými metodami nebo může být jeho predikce založena na chemickém složení svarového kovu.

Měření obsahu feritu

Existují dvě metody měření obsahu feritu ve svarovém kovu i v základním materiálu:

a) metalografická bodová metoda

b) magnetické metody

Metalografická bodová metoda

využívá přímého mikroskopického měření na vhodně připravených vzorcích a výsledkem je obsah feritu v procentech.

Je to destruktivní metoda, která vyžaduje vyleštěné a naleptané metalografické vzorky. Z tohoto důvodu skutečně nemůže být využita na skutečných kompletních svařencích, ale používá vzorků, které jsou typické pro daný případ svařování.

Hlavní výhodou této metalografické metody je to, že může být využita na všech mikrostrukturách včetně těsné blízkosti tepelně ovlivněné oblasti .

Magnetická metoda

Přístroje pro magnetické měření obsahu feritu ve feritových číslech (FN) jsou založeny na jednom ze dvou principů. První využívá permanentního magnetu a měří se síla, potřebná k odtržení (např. MagneGage), druhá využívá vířivé proudy k měření magnetických vlastností daného místa (např. Feritscop fy Fischer).
Obě metody jsou ve svém principu nedestruktivní, i když využití přístroje MagneGage vyžaduje vyleštěný povrch vzorku a není proto tak vhodné pro pracovní měření, zatímco ruční přístroje využívající vířivé proudy mohou být použity přímo na svarech s minimální úpravou povrchu.

Všechny magnetické metody však vyžadují použití primárních etalonů (zařízení na principu permanentního magnetu), nebo sekundárních etalonů (přístroje, využívající vířivých proudů), aby bylo možno zařízení správně zkalibrovat a získat srovnatelné výsledky v FN.

Svařování nerez ocelí

WELCO spol. s r.o.
26. dubna 245 · 688 01 Uherský Brod · tel./fax: +420 572 637 924 · www.welco.cz

Predikce obsahu feritu

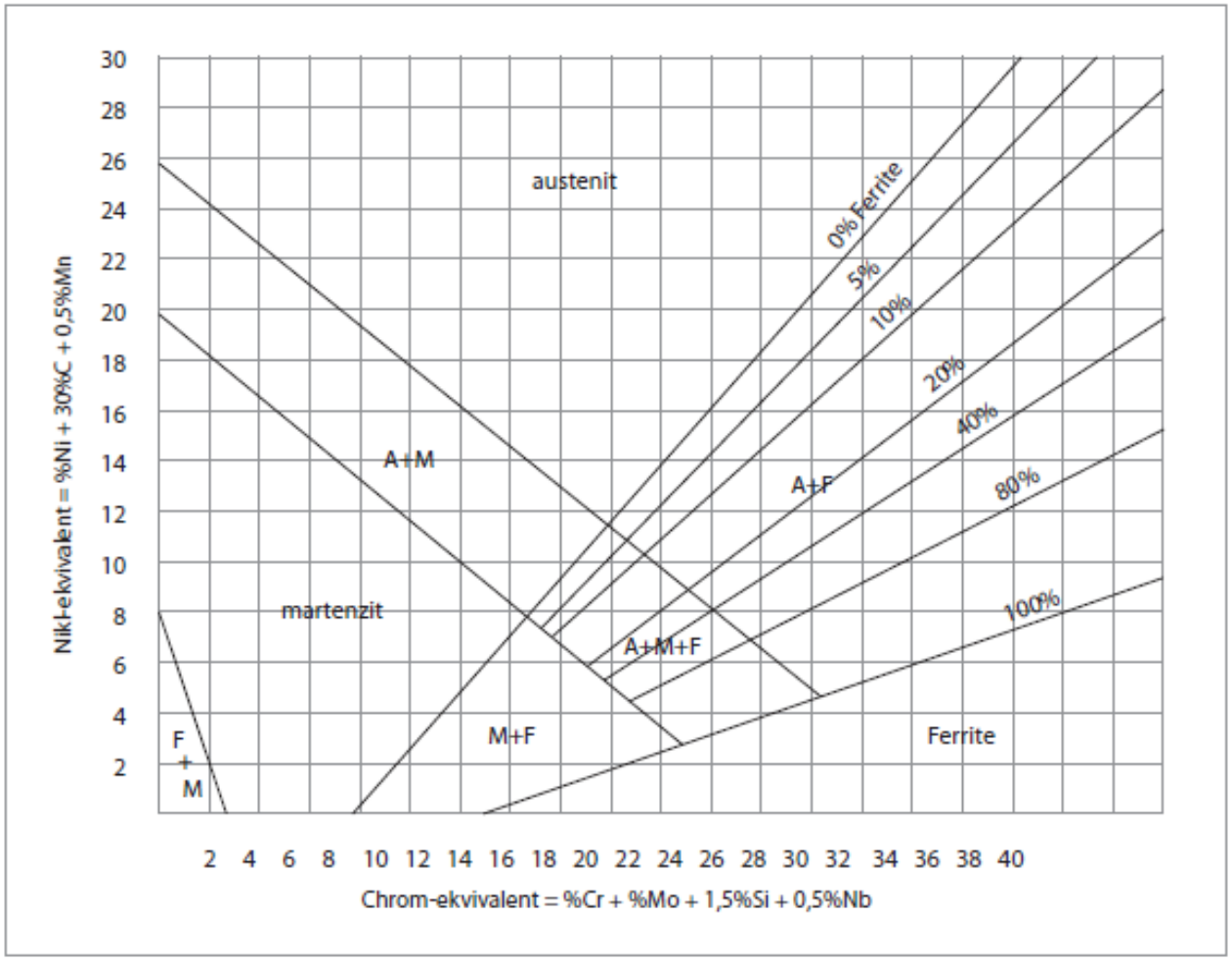
Predikce (předpověď) obsahu feritu ve svarovém kovu může vycházet z jeho chemického složení.

Existují různé zpracované diagramy jak pro obsah feritu v %, tak novější pro feritové číslo (FN).

Schaefflerův diagram, dnes již více než padesát let známý a zastaralý diagram pro předpověď obsahu feritu ve svarech nerezavějících ocelí, byl následován diagramem De Longa, který vzal v úvahu důležitý vliv obsahu dusíku.

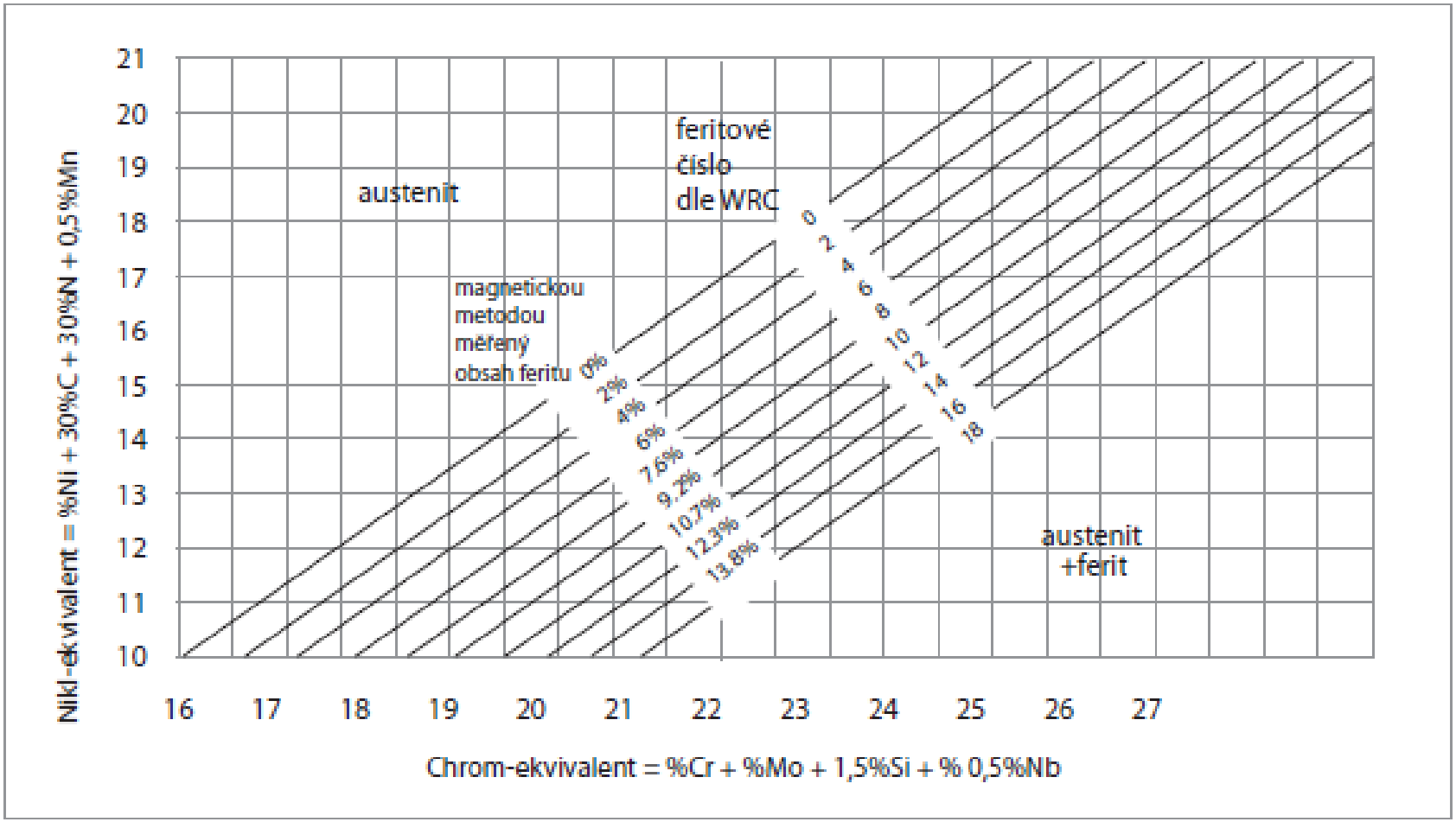
Dnes je nejvíce používaným diagramem tak zvaný WRC –1992 diagram, uznaný ASME v roce 1995.

Svařování nerez ocelí



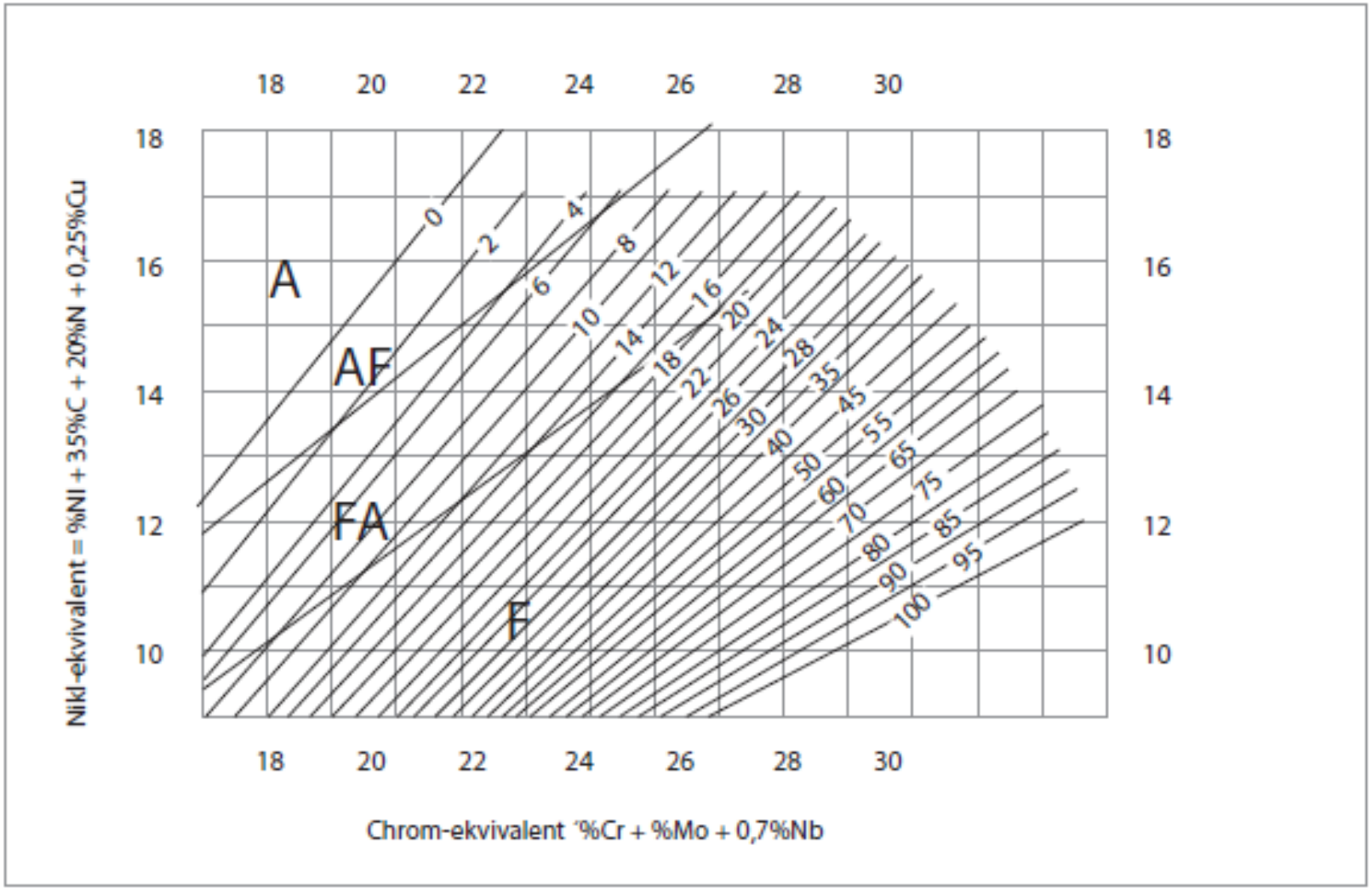
Schaefflerův diagram

Svařování nerez ocelí

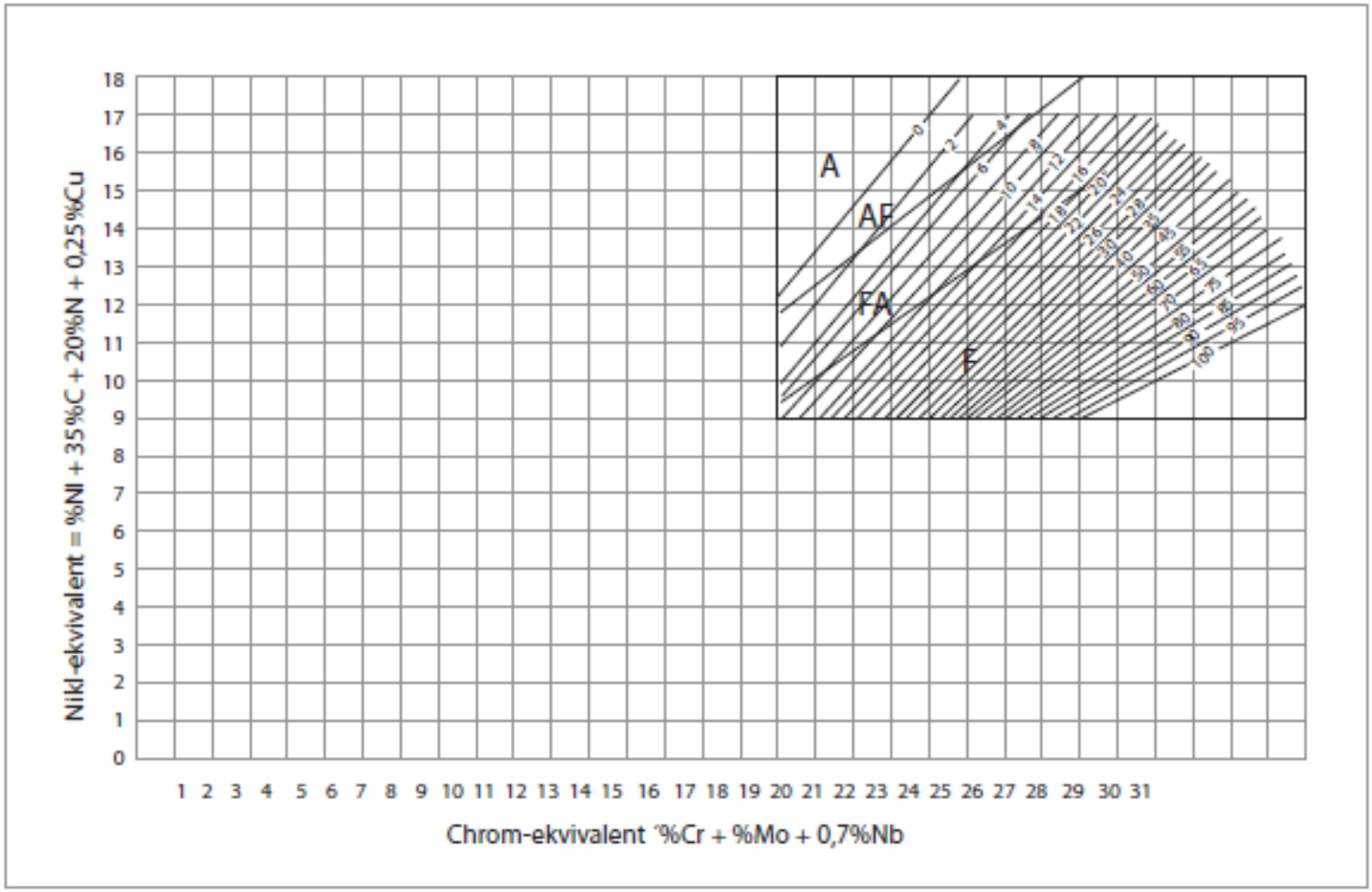


De Longův diagram

Svařování nerez ocelí



Svařování nerez ocelí



WRC 1992 diagram

Svařování nerez ocelí

WELCO spol. s r.o.
26. dubna 245 · 688 01 Uherský Brod · tel./fax: +420 572 637 924 · www.welco.cz