

Svařování duplexních nerezavějících ocelí

KOMPLETNÍ SORTIMENT SVAŘOVACÍCH MATERIÁLŮ



STRENGTH THROUGH COOPERATION

Duplexní svařovací materiály a technická podpora nejvyšší kvality...



Aplikace duplexních ocelí na mostní konstrukci.

Společnost ESAB nabízí duplexní svařovací materiály – včetně nízkolegovaných a super-duplexních nerezavějících ocelí – jako součást své rozsáhlé řady svařovacích nerezavějících drátů, tavidel a elektrod. Zákazníci si vybírají společnost ESAB za svého partnera, protože vědí, že mají zaručenou technickou podporu jednoho z největších dodavatelů přídatných svařovacích materiálů na světě.

ESAB má odborné znalosti a zkušenosti, se kterými se s Vámi podělí. Minimalizuje veškeré riziko, které by mohlo znamenat nákladné problémy s kvalitou.

Společnost ESAB je schopna dodávat své výrobky zákazníkům s rozsáhlým výrobním portfoliem po celém světě a zajistit stabilní špičkovou kvalitu s centrálně kontrolovanými požadavky na:

- nerostné suroviny
- zkušební metody
- řízení kvality
- ISO 14001 / OHSAS 18001

ESAB dodává kompletní řadu svařovacích zdrojů a automatů včetně řezacích zařízení, přídatné materiály a doplňky pro všechny průmyslové sektory, ve kterých jsou používány duplexní nerezavějící ocele.

Společnost ESAB má celosvětovou síť prodejen a distributorů, kteří poskytují své služby a podporu, ať už jste kdekoli.

To vše proto, abyste při svařování dosáhli vyšší produktivity. Vše z jednoho spolehlivého zdroje.

V úzké spolupráci s naším odborným týmem využíváme veškeré naše znalosti a inovace, abychom mohli nabídnout úplný sortiment řezacích

a svařovacích výrobků a příslušenství, které jsou přizpůsobeny na míru požadavkům jednotlivých trhů. Všechna řešení jsou dodávána s ohledem na životní prostředí a bezpečnost a zdraví při práci na základě znalostí dané problematiky.

Obal: Chemické tankery – typická oblast použití duplexních nerezavějících ocelí a svařovacího materiálu ESAB.

... od světové jedničky ve svařovacích technologiích

Úplný sortiment pro svařování všech duplexních ocelí a jejich svařovací postupy

Duplexní (austenitické/feritické) nerezavějící oceli zahrnují velkou skupinu ocelí, od nízkolegovaných, přes běžně používané typy 22%Cr, po vysoce legované super-duplexní a hyper-duplexní typy pro náročnější aplikace. Všechny tyto typy představují vyhledávanou kombinaci vlastností velké pevnosti a dobré odolnosti proti korozi díky své dvoufázové mikrostruktuře, která se skládá přibližně z 50% feritu a z 50% austenitu. Duplexní nerezavějící oceli mají, v porovnání s austenitickou nerezavějící ocelí s odpovídající odolností proti korozi, obvykle dvakrát takovou mez kluzu.

Nízkolegované duplexní typy

V posledních letech byla uvedena řada takzvaných nízkolegovaných duplexních nerezavějících ocelí, které jsou méně nákladnou alternativou pro běžné austenitické typy, jako jsou 304L (1.4307) a 316L (1.4401).

Nízkolegované duplexní oceli jsou úspěšně používány v řadě aplikací, jako např. zařízení pro odsolování, trubky, zásobníky, tlakové nádoby, stavidla a lávky.

Pro nízkolegovanou duplexní nerezavějící ocel neexistuje úplně jednoznačná definice, ale tento termín je běžně používán pro téměř všechny typy bez Mo s nízkým obsahem Ni. Někdy je část Ni v nízkolegovaných duplexních nerezavějících ocelích nahrazována kombinací Mn a N, aby byly minimalizovány náklady

Typické chemické složení a koeficient odolnosti proti důlkové korozi (Pitting) vybraných ocelí.

AISI/UNS No.	EN No.	Cr	Ni	Mo	Mn	Cu	N	PREN*
Austenitické								
304L	1.4307	18	9	0	1	0		18
316L	1.4401	17	11	2	1	0		24
Lean duplex								
S32001	1.4482	20	1.7	0.3	5	0.3	0.15	23
S82011		21.5	1.5	0.3	3		0.2	26
S32101	1.4162	21.5	1.5	0.3	5	0.3	0.2	26
S32202	1.4062	22	2	0.3	1.3	0.2	0.2	26
S32304	1.4362	23	4	0.3	1		0.1	26
S32003		20	3.5	1.7	2		0.15	28
	1.4655	23	4.5	0.3	1.5	2	0.1	26
22%Cr duplex								
S31803	1.4462	22	5.3	2.8	1		0.16	34
S32205	1.4462	22.3	5.7	3.2	1		0.18	35
25%Cr super duplex								
S32550	1.4507	26	5.5	3	1		0.17	39
S32750	1.4410	25	7	4	1.2		0.27	42
S32760	1.4501	25.4	6.9	3.8	1	0.7	0.27	42
S39274		25	7	3.2	1	0.5	0.26	40

*PREN = %Cr + 3.3%Mo + 16%N



Průmysl offshore: Typický příklad svařování duplexních ocelí.

na legování a aby byla zároveň zachována pevnost, odolnost proti korozi a vhodná fázová rovnováha. Existují také typy s průměrným obsahem Mo nebo se značnými přísadky Cu, které jsou často popisovány jako nízkolegované typy (viz. tabulka 1). Jak je z tabulky možno vyčíst, nízkolegované duplexní typy mají odolnost proti korozi obvykle lepší nebo na stejné úrovni jako standardní austenitické typy.

Doporučené svařovací materiály ESAB

Nízkolegované duplexní, duplexní a super-duplexní přídatné materiály jsou navrženy takovým způsobem, aby byly dosaženy minimálně požadované mechanické vlastnosti a odolnost proti korozi. V porovnání s odpovídajícím typem oceli proto mají vyšší obsah prvků, které podporují tvorbu austenitu, aby bylo zamezeno příliš vysokému obsahu feritu ve svařovém kovu.

Až na pár výjimek mohou být nízkolegované duplexní typy svařovány s typem svařovacího materiálu 2209, přičemž jsou zajištěny skvělé mechanické vlastnosti a odolnost proti korozi. Nízkolegované duplexní materiály jsou však více nákladné a z metalurgického hlediska jsou navrženy tak, aby měly podobné vlastnosti jako základní materiál. Existují také aplikace, kde má Mo negativní vliv na odolnost proti korozi, což činí typ materiálů 2209 méně vhodný. Nízkolegovaný typ S32003 na bázi Mo je však nejlépe svařovat s typem materiálu 2209, aby bylo dosaženo odpovídající odolnosti proti korozi.

AISI/ UNS No.	EN No.	Grade	Lean duplex					Duplex					Super duplex				
			OK 67.56*	OK Autrod 2307	OK Tigrod 2307	Shield-Bright 2307	OK Autrod 2307/ OK Flux 10.93	OK 67.50, OK 67.53, OK 67.55	OK Autrod 2209	OK Tigrod 2209	OK Tubrod 14.27, OK Tubrod 14.37	OK Autrod 2209/ OK Flux 10.93	OK 68.53, OK 68.55	OK Autrod 2509	OK Tigrod 2509	OK Tubrod 14.28	OK Autrod 2509/ OK Flux 10.93
S32001	1.4482	19D	x*	x	x	x	x	1	1	1	1	1					
S82011		2102	x*	x	x	x	x	1	1	1	1	1					
S32101	1.4162	LDX 2101®	x*	x	x	x	x	1	1	1	1	1					
S32202	1.4062	2202	x*	x	x	x	x	1	1	1	1	1					
S32304	1.4362	2304	x*	x	x	x	x	1	1	1	1	1					
S32003		2003	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1					
	1.4655		3	3	3	3	3	1	1	1	1	1					
S31803	1.4462	2205						x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
S32205	1.4462	2205						x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
S32550	1.4507	255											x	x	x	x	x
S32750	1.4410	2507											x	x	x	x	x
S32760	1.4501	Zeron 100											x	x	x	x	x
S39274		DP3W											x	x	x	x	x

* Použití "šňůrkování" nebo mírného "křívání". Nadměrný rozkvyv může způsobit horší odstranitelnost strusky. AC/DC+ polarity.

x: Doporučené použití.

1: Použitelné s výjimkou, kdy legury Mo snižují korozní odolnost.

2: Použitelné v případech, kdy snížení korozní odolnosti není na závadu.

3: Použitelné s výjimkou, kdy je požadováno použití mědi jako legovacího prvku.

Přehled sortimentu

	Název výrobku	Popis	Klasifikace	Typické chemické složení, %	Mechanické vlastnosti	Obsah feritu/ CPT*/PRE**	Certifikáty
MMA	OK 67.50	Duplex kyselo-rutilová	AWS A/SFA 5.4 E2209-17 E 22 9 3 N L R 32	C 0.03 Si 0.8 Mn 0.8 Cr 23.2 Ni 8.8 Mo 3.2 N 0.16	R _{p0.2} 691 MPa Rm 820 MPa A5 25% Charpy-V +20°C 50 J	FN 45/ 27.5°C/ 36	ABS BV CE CWB DNV GL TÜV
	OK 67.53	Duplex rutilová	AWS A/SFA 5.4 (E2209-16) E 22 9 3 N L R 12	C 0.03 Si 1.0 Mn 0.7 Cr 23.7 Ni 9.3 Mo 3.4 N 0.16	R _{p0.2} 660 MPa Rm 840 MPa A5 25% Charpy-V +20°C 56 J	FN 40/ 27.5°C/ 36	TÜV DNV CE
	OK 67.55	Duplex bazická	AWS A/SFA 5.4 E2209-15 E 22 9 3 N L B 22	C 0.04 Si 0.7 Mn 1.0 Cr 23.2 Ni 9.1 Mo 3.2 N 0.15	R _{p0.2} 650 MPa Rm 800 MPa A5 28% Charpy-V +20°C 100 J, -20°C 85 J, -40°C 75 J, -60°C 65 J	FN 45/ 27.5°C/ 36	DNV TÜV
	OK 67.56	Lean duplex kyselo-rutilová	EN 1600 E Z 23 7 N L R	C 0.03 Si 0.9 Mn 0.7 Cr 23.7 Ni 6.9 Mo 0.4 N 0.15	R _{p0.2} 609 MPa Rm 754 MPa A5 26% Charpy-V +20°C 47 J, -30°C 38 J	FN 35-65	CE
	OK 68.53	Super duplex bazicko-rutilová	EN 1600 E 25 9 4 N L R 32 AWS A/SFA 5.4 E2594-16	C 0.03 Si 0.6 Mn 0.7 Cr 25.2 Ni 10.2 Mo 4.0 N 0.25	R _{p0.2} 700 MPa Rm 850 MPa A5 30% Charpy-V +20°C 50J, -40°C 40J	FN 42/ 60°C/ 43	CE DNV TÜV
	OK 68.55	Super duplex bazická	EN 1600 E 25 9 4 N L B 42 AWS A/SFA 5.4 E2594-15	C 0.04 Si 0.6 Mn 0.9 Cr 25.2 Ni 10.4 Mo 4.3 N 0.24	R _{p0.2} 700 MPa Rm 900 MPa A5 28% Charpy-V +20°C 90 J, -40°C 55 J, -60°C 45 J	FN 45/ 60°C/ 43	DNV LR (Pending)
MIG/TIG	OK Autrod 2209/ OK Tigrod 2209	Duplex	AWS A/SFA 5.9ER2209 EN ISO14343-A G/W 22 9 3 N L	C 0.02 Si 0.5 Mn 1.6 Cr 22.5 Ni 9 Mo 3 N 0.15	R _{p0.2} 600 Rm 765 MPa A5 28% Charpy-V +20 °C >100 J	FN 30-45/ 25-30°C/ 35	TÜV DNV & GL valid for Autrod only
	OK Autrod 2307/ OK Tigrod 2307		T 23 7 N L P M21 2 EN ISO 17633-A	C 0.03 Si 0.7 Mn 0.8 Cr 23.7 Ni 8.4 N 0.12	R _{p0.2} 626 Rm 774 MPa A5 33%		
	OK Autrod 2509/ OK Tigrod 2509	Super duplex	EN ISO 14343-A G/W25 9 4 N L	C 0.02 Si 0.4Mn 0.4 Cr 25 Ni 10 Mo 4 N 0.25	R _{p0.2} 670 MPa Rm 850 MPa A5 30% Charpy-V +20°C 150 J (MIG), +20°C 150 J (TIG)	FN 30-50/ 50-60°C/ 42	TÜV
FCAW	OK Tubrod14.27	Duplex rutilová všechny svař. polohy	AWS A/SFA A5.22 E2209 T1-1 and T1-4 EN 12073T 22 9 3 N L P M 2T 22 9 3 N L P C 2	C 0.03 Si 0.9 Mn 1.0 Cr 22.6 Ni 9.0 Mo 3.0 N 0.15	R _{p0.2} 637 MPa Rm 828 MPa A5 26% Charpy-V -20°C 58 J	FN 30-45/ 30°C/ 35	ABS DNV GL LR RINA VdTUV
	OK Tubrod14.37	Duplex rutilová svař. poloha vodorovná shora	AWS A/SFA A5.22 E2209 T0-1 and T0-4 EN 12073T 22 9 3 N L R M 3T 22 9 3 N L R C 3	C 0.03 Si 0.7 Mn 0.9 Cr 22.6 Ni 8.9 Mo 3.1 N 0.13	R _{p0.2} 633 MPa Rm 768 MPa A5 31% Charpy-V +20°C 55 J, -40°C 40 J	FN 30-45/ 27.5-30°C/ 36	
	OK Tubrod14.28	Super duplex rutilová všechny svař. polohy	AWS A/SFA A5.22 E2553 T1-G	C 0.03 Si 0.6 Mn 0.9 Cr 25.2 Ni 9.2 Mo 3.9 N 0.25	R _{p0.2} 650 MPa Rm 820 MPa A5 18% Charpy-V +20°C 45 J, -40°C 35 J	FN 30-45/ 60°C/ 43	
SAW	OK Flux 10.93/ OK Autrod 2209	bazické duplex	EN 760 SA AF 2 DC EN ISO 14343-A S 22 9 3 N L	C 0.03 Si 0.5 Mn 1.4 Cr 22 Ni 9 Mo 3 N 0.15	R _{p0.2} 630 MPa Rm 780 MPa A5 30% Charpy-V +20°C 140 J, -60°C 80 J	FN 30-50/ 27.5-30°C/ 34	TÜV CE DNV LR GL Rina BV ABS
	OK Flux 10.93/ OK Autrod 2307	bazické lean duplex	EN 760 SA AF 2 DC EN 14343-A S Z 23 7 N L	C 0.02 Si 0.7 Mn 1.1 Cr 22.5 Ni 7.5 N 0.12	R _{p0.2} 640 MPa Rm 840 MPa A5 28% Charpy-V +20°C 85 J, -40°C 60 J	FN 35-65	CE
	OK Flux 10.93/ OK Autrod 2509	bazické super duplex	EN 760 SA AF 2 DC EN ISO 14343-A S 25 9 4 N L	C 0.02 Si 0.5 Mn 0.5 Cr 24.5 Ni 9.5 Mo 4 N 0.25	R _{p0.2} 640 MPa Rm 840 MPa A5 28% Charpy-V +20°C 85 J, -60°C 50 J	FN 30-50/ 60°C/ 43	TÜV
	OK Flux 10.94/ OK Autrod 2509	Bazické, legované Cr super duplex	EN 760 SA AF 2 Cr DC EN ISO 14343-A S 25 9 4 N L	C 0.02 Si 0.5 Mn 0.5 Cr 25 Ni 9.5 Mo 4 N 0.25	R _{p0.2} 626 MPa Rm 830 MPa A5 28% Charpy-V +20°C 90 J, -60°C 50 J	FN 30-50/ 60°C/ 43	

*CPT= Kritická teplota důlkové koroze (CPT), vzhledem k ASTM G48 **PRE=% Cr+ 3.3%Mo+16%N



Průmysl papíru a celulózy - klasická aplikace použití duplexních nerezavějících ocelí a přídatných materiálů ESAB.

Způsob svařování duplexních nerezavějících ocelí

Před svařováním

- K zajištění požadovaného průvaru by měla být použita poněkud širší mezera v kořeni a úhel spoje než jaký se používá pro standardní nerezavějící ocel.
- Použijte keramickou podložku, aby bylo umožněno svaření kořenové housenky.
- Spoj a přilehlý základní materiál musí být řádně očištěn.
- Při čištění musí být použity pouze nerezové kartáče.
- Předehřev se obvykle nedoporučuje.
- Ve vždy třeba použít suché elektrody. ESAB dodává duplexní elektrody v balení ESAB VacPac™, což představuje efektivní systém pro manipulaci se svařovacími elektrodami. Jsou dostupné ve dvou

Doporučený tepelný příkon a teploty interpass

- Tepelný příkon: 0,5 - 1,5 kJ/mm a $T_{i_{max}}=150^{\circ}\text{C}$ pro nízkolegované duplexní typy, např. UNS S32101. Ve většině případů je možno použít tepelný příkon až do 2,5 kJ/mm, ale doporučuje se o tom poradit s dodavatelem oceli.
- Tepelný příkon: 0,5 – 2,5 kJ/mm a $T_{i_{max}}=200^{\circ}\text{C}$ pro duplexní typy, např. EN 1.4462, UNS S31803
- Tepelný příkon: 0,2 – 1,5 kJ/mm a $T_{i_{max}}=150^{\circ}\text{C}$ pro super-duplexní typy, např. UNS S32750

Ochranné plyny a plyny pro ochranu kořene

- TIG Ar nebo Ar-He směsi
- MIG Ar-O₂ (1-3%), Ar-CO₂ (1-3%) nebo Ar-He-O₂ (1-3%) směsi
- FCAW Ar-CO₂ (25%) směsi nebo čistý CO₂

velikostech, které odpovídají spotřebě během běžné pracovní doby. To eliminuje nutnost drahého opětovného vysoušení.

Během svařování

- Tepelný příkon by měl odpovídat tloušťce materiálu a svařovací metodě. Je třeba se vyvarovat příliš nízkému nebo příliš vysokému tepelnému příkonu.
- Super-duplexní oceli jsou obzvláště citlivé na vysoký tepelný příkon a mezihousenkové teploty. Tepelný příkon by při svařování tenkých materiálů neměl překročit hodnotu 1 kJ/mm.
- Vyhněte se zapalování oblouku mimo spoj. Zapalování oblouku může způsobit korozi a trhliny.
- Udržujte správnou délku oblouku, abyste předešli nalegování dusíku.
- Je důležité použití správného plynu pro ochranu kořene. Vhodné plyny na ochranu kořene jsou velmi čistý Ar a směsi obsahující N₂ a H₂.
- Je třeba se vyhnout přílišnému rozkyvu. Ten může mít za následek příliš vysoký tepelný příkon.

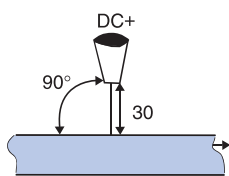
Po svařování

- Důkladné vyčištění po ukončení svařování je nezbytné pro dosažení dobré odolnosti proti korozi. Je třeba odstranit veškeré strusky a oxidy na svaru a v jeho okolí.
- Kartáčování by mělo být prováděno ručně a pouze s nerezovými kartáči.
- Rotační kartáče mohou způsobit mikro trhliny ve svarovém kovu.
- Následné tepelné opracování není obvykle potřeba. Duplexní oceli a svarové kovy však mohou být tepelně opracovány (viz. doporučení výrobce oceli).
- Nemělo by být uvolňováno napětí, protože to může mít za následek křehnutí oceli a svarového kovu.
- Při dodržení postupu doporučeného výrobcem oceli je možno deformované materiály narovnávat plamenem.

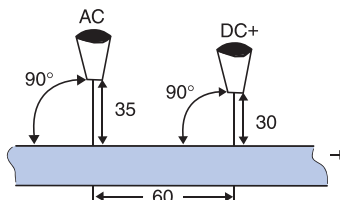
Jednostranné svařování pro výkonnou výrobu panelů

Společnost ESAB vyvinula vysoce produktivní alternativu standardnímu dvoustrannému spojování panelů v chemických tankerech za použití jednostranných svařovacích postupů SAW (OSW) se speciálním podložním tavidlem a měděnou

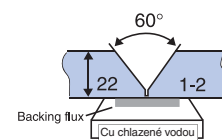
podložkou. Při použití této metody není před dokončením svařování potřeba panel ze svařovacího místa přesouvat, otáčet a nahrazovat. Namísto toho může být svar dokončen z jedné strany. Není třeba zdůrazňovat, že se jedná o úspornou alternativu, kterou lze snadno aplikovat s nízkými investičními náklady.



Svařování pod tavidlem (duplex 22mm) více-housenkovou technikou a jedním drátem.



Svařování pod tavidlem (22 mm) více-housenkovou technikou a více dráty.



Konfigurace svařovaného spoje pro chemické tankery.

Predikce obsahu feritu

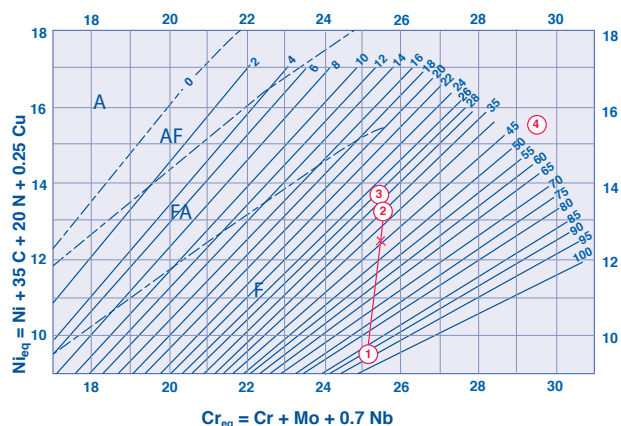
Fázová rovnováha svarového kovu a zóny zasažené teplem (HAZ, tepelně ovlivněná oblast) je zcela zásadní pro získání požadovaných vlastností při svařování duplexních nerezavějících ocelí. Příliš vysoký obsah feritu způsobuje křehkost kovu, zatímco nedostatek feritu způsobuje ztrátu odolnosti proti korozi a trhlinám. Obsah feritu ve svarovém kovu by obvykle měl být v rozmezí FN 30-70 (přibližně 22 – 70 %). Diagram WCR-92 je užitečnou pomůckou pro výpočet obsahu feritu ve svarovém kovu. Umístění některých svařovacích materiálů ESAB a použití diagramu je vyobrazeno níže.

Schéma WRC 1992

Creq a Nieq oceli a čistý svarový kov jsou vypočítávány z jejich chemického složení, zobrazeného na schématu a spojené čarou. Čára představuje možná složení svarového kovu pro různé stupně promísení. V daném příkladě bylo použito 30% promísení a odhadovaný obsah feritu ve svarovém kovu je přibližně FN 45.

Umístění:

- 1 Základní materiál, SAF 2205 (EN 1.4462).
 - 2 Duplexní MMA svarový kov, u OK 67.50.
 - 3 Duplex MIG svarový kov, u OK Autrod 16.86.
 - 4 Super-duplexní MMA svarový kov, u OK 68.53.
- X Umístění svaru v SAF 2205 (EN 1.4462) svařovaný pomocí OK 67.50 MMA elektrod za předpokladu 30% rozředění.



(Publikováno v Welding Journal by D.J. Kotecki a T.A. Siewert)

Světový výrobce svařovacích a řezacích technologií



Odsolování mořské vody - méně známá aplikace pro použití nerezavějících ocelí duplex a přídavných svařovacích materiálů ESAB.

Společnost ESAB je jedničkou ve svařovací a řezací technologii. Přesto let neustálého vylepšování výrobků a postupů nám umožňuje dostát výzvam technologického pokroku v každém sektoru, ve kterém společnost ESAB působí.

Kvalita a environmentální standardy

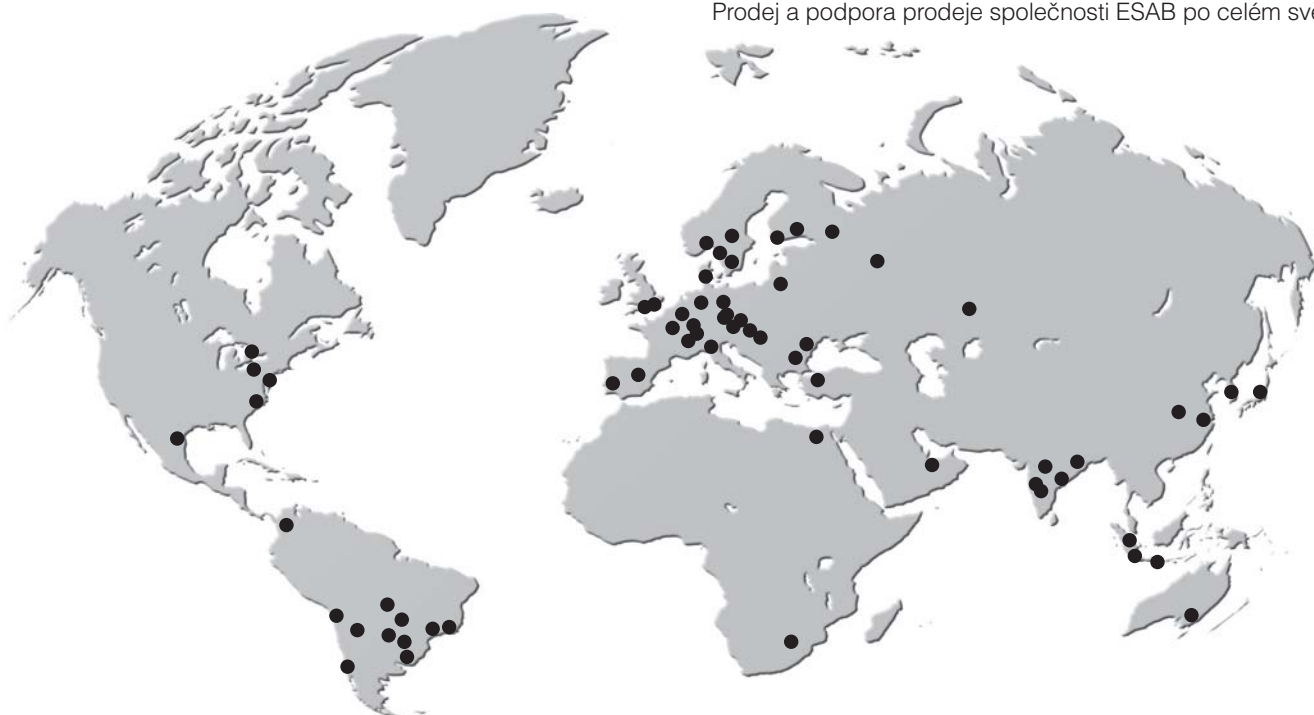
Kvalita, životní prostředí a bezpečnost jsou tři klíčové oblasti, na které se zaměřujeme. ESAB je jedna z mála mezinárodních společností, jejíž všechny výrobní závody po celém světě splňují normy ISO 14001 a OHSAS 18001 pro environmentální

management a zdraví a bezpečnost při práci.

Ve společnosti ESAB je dosahování kvality považováno za neustálý proces, který je srdcem všech našich výrobních postupů a podniků po celém světě.

Výroba v nadnárodních podmínkách, místní zastoupení a mezinárodní síť nezávislých distributorů přináší výhody kvality zaručené firmou ESAB a bezkonkurenční odborné znalosti materiálů a postupů, které jsou nadosah všem našim zákazníkům, ať už jsou kdekoliv.

Prodej a podpora prodeje společnosti ESAB po celém světě.



* včetně výrobních závodů ESAB Severní Amerika, dceřiné firmy plně ve vlastnictví Anderson Group Inc.



ESAB VAMBERK, s.r.o.

Smetanovo nábř. 334
517 54 Vamberk
Tel.: 494 501 431 Fax: 494 501 435
E-mail: infor@esab.cz
www.esab.cz