



**GREEN
WELD**

Training Materials:
Environmental for a Greener Welding Adaptation
[CU_GW_01]



Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them.



| Revision | Date | Author/Organisation | Description |
|-----------------|------------|---------------------|--|
| 1 st | 18.01.2024 | EFW + CESOL | Draft version before CB |
| 2 nd | 07.02.2024 | All | Revision in the CB |
| 3 rd | 07.03.2024 | EFW + CESOL | Improvement and correction of content with input from the CB |
| 4th | 22.04.2024 | EFW | Compilation of the training resources in a final version |
| 5th | 22.04.2024 | All | Approval of the final version/compilation |
| 6th | 30-07-2024 | Quantified Impacts | Translation to danish |



Table of Contents

| | |
|--|----|
| Introduktion | 3 |
| Del A - Øget bevidsthed omkring bæredygtige parametre: Reduktion, Genbrug og Genanvendelse | 4 |
| 1. Det grønne opslagsværk | 4 |
| 2. Miljøforringende faktorer og tilhørende konsekvenser | 8 |
| 3. Beskyttelse af miljøet under svejsning..... | 16 |
| 4. Anvendelse og håndtering af svejsematerialer..... | 18 |
| 5. Genanvendelse af stål, rustfrit stål og aluminium | 21 |
| Del B - Affalds- og materiale reduktion..... | 25 |
| 1. Optimering af materiale genanvendelse | 25 |
| 2. Reducering af affald relatret til svejseprocessen..... | 26 |
| 3. Svejseteknikker og reducere af reparationer..... | 27 |
| 4. Optimering af svejsesamlinger..... | 28 |
| 5. Maksimering af materialegenindvinding | 29 |
| 6. Reducer affaldsmængden i svejseprocessen | 32 |
| 7. Welding techniques and reduction of Repairs..... | 35 |
| 7. Optimering af forbedreleserne til svejsesamlingerne | 41 |



Introduktion

Hensigten med denne rapport er at samle alt indhold, relateret til den første kompetenceenhed (**CU_GW_01: Miljøbevidsthed for en grønnere svejsning**), og derved ensarte samt at gøre det lettere at facilitere indholdet. Undervisningsmaterialet er i to dele, Del A og Del B, som er opdelt som beskrevet nedenfor:

Del A:

- Det grønne opslagsværk
- Miljøforringende faktorer og tilhørende konsekvenser
- Procedurer og aktiviteter for at beskytte miljøet
- Brug og håndtering af svejsematerialer
- Genbrug af forskellige stålarter og materialer

Del B

- Makimal materialeleganvendelse
- Reduktion af affald i svejseprocessen
- Svejsningsteknikker og reduktion af reparationer
- Optimering af samlingsforberedelse



Del A - Øget bevidsthed omkring bæredygtige parametre: Reduktion, Genbrug og Genanvendelse

1. Det grønne opslagsværk

Nedenfor er "Det grønne opslagsværk" som indeholder nogle af de relevante begreber som relaterer sig til de CU's der er udviklet i dette GREENWELD projekt:

| | |
|-------------------------------|---|
| Big data | Store datasæt, der kan analyseres ved hjælp af computerkraft til at identificere mønstre, tendenser og sammenhænge. |
| CO2 neutral | En målsætning eller tilstand, hvor en person, organisation eller aktivitet opvejer eller kompenserer den samlede mængde af CO ₂ -udledninger, den producerer, ved at investere i reduktion eller optagelse af en tilsvarende mængde drivhusgasser fra atmosfæren. |
| Cirkulær økonomi | Et system designet til at minimere affald og udnytte ressourcer optimalt ved at understrege kontinuerlig brug, genbrug og regenerering af produkter og materialer. |
| Klimaforandringer | Ændringer i langsigtede mønstre af temperatur, nedbør, vind og andre atmosfæriske forhold på Jorden. |
| Cloud-systemer | Computertjenester, herunder lagring, behandlingskraft og softwareapplikationer, over internettet i stedet for at stole på lokale servere eller personlige enheder til datalagring og -behandling. |
| Cyber-fysiske systemer | Integrerede systemer, der kombinerer beregningsmæssige og fysiske processer, hvilket muliggør interaktioner mellem den digitale og den fysiske verden. Omfatter tæt integration af computerbaserede algoritmer, kommunikationsnetværk og fysiske processer for at overvåge, kontrollere og automatisere forskellige systemer. |
| Digital produktion | En tilgang til produktion, der udnytter digitale teknologier og data gennem hele produktets livscyklus, fra design og produktion til vedligeholdelse og videre. |



Design for the environment (DfE)

En tilgang til design, der involverer principper som livscyklus-tænkning, materialevalg med vægt på fornybare ressourcer, energieffektivitet, affaldsminimering, holdbarhed og reparerbarhed.

Miljøvenlig

En beskrive produkter, praksisser eller handlinger, der er designet eller udført for at minimere skade på miljøet.

Energirelaterede produkter

Genstande eller systemer, der er designet, produceret og brugt med det primære formål at generere, transmittere, lagre eller bevare energi.

Miljømæssigt aftryk (Environmental footprint)

En måling af menneskelige aktiviteter indvirkning på miljøet, ofte udtrykt i form af mængden af anvendte naturressourcer, producerede emissioner og genereret affald. Det omfatter blandt andet kulstoffodaftryk, vandfodaftryk og økologisk fodaftryk.

Miljøpåvirkning

Effekter af menneskelige aktiviteter, processer, produkter eller begivenheder på miljøet. Det omfatter en bred vifte af konsekvenser, der kan påvirke økosystemer, naturressourcer, biodiversitet og miljøkvalitet.

Drivhusgasemissioner

Udsendelse af drivhusgasser i atmosfæren, primært fra menneskelige aktiviteter som afbrænding af fossile brændstoffer, skovrydning, industrielle processer og landbrug. Almindelige drivhusgasser omfatter kuldioxid, metan, lattergas, fluorholdige gasser og andre.

Grøn infrastruktur

En strategisk og bæredygtig tilgang til by- og regionalplanlægning, der integrerer naturlige og semi-naturlige elementer i design og forvaltning af landskaber.

Greenwashing

En vildledende markedsføringspraksis, hvor en virksomhed eller organisation fejlagtigt fremstiller sig selv som miljøvenlig, bæredygtig eller socialt ansvarlig for at tiltrække miljøbevidste forbrugere.

Industrielt Internet of Things

Integration af Internet of Things (IoT)-teknologier i industrielle processer, faciliteter og udstyr, der involverer sammenkobling af enheder, maskiner, sensorer og systemer for at indsamle, udveksle og analysere data.



| | |
|--------------------------|---|
| Industri 4.0 | Henviser til den igangværende transformation af traditionelle fremstillings- og industrielle processer gennem integration af digitale teknologier, automatisering og dataudveksling. |
| Genbrug | Processen med at omdanne affaldsmaterialer til nye produkter eller materialer for at forhindre bortskaffelse af genstande som affald og reducere forbruget af nye råmaterialer. |
| Reducere | Nedsætte forbruget af ressourcer, minimere affaldsgenerering og sænke den samlede miljøpåvirkning. |
| Vedvarende energi | Energi, der opnås fra naturligt genopfyldende kilder, der ikke udtømmes, når de bruges. Disse kilder omfatter sollys, vind, regn, tidevand, bølger, geotermisk varme og biomasse. |
| Ressource | Enhver kapabilitet, der bruges til at opfylde et bestemt behov eller opnå et specifikt mål. Ressourcer kan klassificeres som naturressourcer, menneskelige ressourcer, finansielle ressourcer og teknologiske ressourcer. |
| Genanvendelse | Praksis med at bruge produkter, materialer eller genstande mere end én gang, enten til deres oprindelige formål eller ved at omforme dem. |
| Smarte fabrikker | Produktionsfaciliteter, der udnytter avancerede digitale teknologier og konnektivitet for at forbedre effektivitet, produktivitet og fleksibilitet i industrielle processer. |
| Bæredygtighed | Evnen til at imødekomme nutidens behov uden at kompromittere fremtidige generationers evne til at imødekomme deres egne behov. En afbalanceret tilgang til miljømæssige, sociale og økonomiske områder for at skabe et harmonisk forhold mellem menneskelige aktiviteter og den naturlige verden. |
| Upcycling | Kreativ og miljøvenlig proces, hvor kasserede eller ubrugte genstande omdannes til produkter af højere værdi/kvalitet med en anden funktion eller æstetik. |
| Affald | Enhver materialer eller ressourcer, der genereres i produktionsprocessen, men ikke bidrager til det endelige produkt. |
| Zero waste | Zero Waste er en filosofi og livsstilstilgang, der sigter mod at minimere genereringen af affald ved at fremme |



Co-funded by
the European Union

ansvarlig ressourcebrug, genbrug, genanvendelse og kompostering.



2. Miljøforringende faktorer og tilhørende konsekvenser

Maksimering af energiproduktion såvel som optimering af energiforbrug er blevet afgørende parametre på både nationale og internationale politiske dagsordener. Produktionsindustrien er pålagt at overholde de respektive regeringers krav vedrørende energibesparelser og udvikling af bæredygtige produkter. Ydermere, kan disse industrier i nogle situationer risikere også at skulle kæmpe stigende omkostninger forbundet med energi- og materialeforbrug. Derfor er det blevet en kritisk nødvendighed, specielt for disse industrier, at finde løsninger, der ikke kun fremmer en mere miljøvenlig dagsorden, men også opretholder konkurrenceevnen på markedet.

Svejsning, en fremtrædende arbejdsproces, hvilket betyder, at den derfor kan have en betydelig indflydelse på bæredygtighed inden for miljømæssige, økonomiske og sociale dimensioner. I den metallurgiske sektor har svejseindustrien mødt betydelig kritik på grund af dens omfattende forbrug af råmaterialer, hvilket fører til miljøforringelse, tab af biodiversitet og forurening af vand og jord. Omformningen af råmaterialer til nye metaller og legeringer kræver betydelig energi, hvilket resulterer i stigende drivhusgasemissioner, affaldsgenerering og skadelige emissioner, der er skadelige for menneskers sundhed og bidrager til den globale udfordring med klimaforandringer.

Dette er blot toppen af isbjerget; en grundig undersøgelse af svejseprocesser afslører en bred vifte af potentielle miljøforurenende stoffer og påvirkninger i hele industrien.

To faktorer er ubestridelige:

- Svejsning kan udøve betydelig skade på både lokale og globale miljøer.
- Svejsning er uundværlig for det moderne liv.

Grundet dens essentielle rolle i nutidens produktion, er det ikke en oplagt mulighed at opgive svejsning. Derfor bør personer, virksomheder og organisationer der er engageret i svejseaktiviteter, proaktivt tage skridt til at reducere deres miljømæssige fodaftryk. Spørgsmålet er, hvordan?

På trods af miljømæssige bekymringer har svejseindustrien økonomisk betydning og udgør en betydelig del af industriproduktionen i mange lande. Derfor er der, i takt med



de globale bæredygtighedsmål, der er sat af FN, en stigende opfordring til, at industrien prøver at udvikle sig i retningen af mere bæredygtige produktionspraksisser.

Dog kan der argumenteres for, at svejsningsindustrien står overfor en mangel på konkret lovgivning, der adresserer miljømæssige, bæredygtigheds- og produktionsproblemer. For at imødegå denne mangel må samfundet tage initiativ til at udvikle ny viden og teknikker med henblik på at nå disse bæredygtige udviklingsmål. Dette indebærer blandt andet forståelse af de miljømæssige påvirkninger forbundet med forskellige industriaktiviteter og implementering af relevante strategier. Fokus bør udvides ud over effektiv brug af naturressourcer og råmaterialer til også at omfatte økonomiske ressourcer.

Traditionelle svejsemetoder, der er afhængige af varme og energi, producerer utilsigtet giftige emissioner. Med de generelt stigende bekymringer om klimaforandringer er der et presserende behov for, at svejseprocesser udvikler sig i en mere bæredygtig retning, hvor man kan minimere udledningerne. Heldigvis er der, gennem mindre justeringer af processer og udstyr, mulighed for at lave reduktioner af miljøpåvirkningen af svejseprocesserne. Dette kan medvirke til at fremme udviklingen af mere miljøvenlige konstruktionspraksisser på tværs af forskellige industrier, fra luftfart til byggeri.

Produktionsindustrien, er stærkt afhængig af diverse svejseprocesser, og derfor også afhængig af, at der sker en innovativ udvikling og tilpasning, således at de lever op til de nye regulativer og krav. Uanset om denne udvikling sker gennem efterligning af eksisterende produkter eller inspiration fra naturen, er det essentielt at fokusere på hvordan man kan implementere omkostnings- og energibesparelser, affaldsminimering, optimale parametre og miljøvenlighed. Denne udvikling skal ske i tæt forbindelse med fremskridtene inden for computerteknologier som smarte fabrikker, industrielle Internet of Things (IIoT), cyber-fysiske systemer, cloud-systemer, big data, digital produktion og Industri 4.0, som også vil have en betydelig indflydelse på fremtidens produktionslandskab.

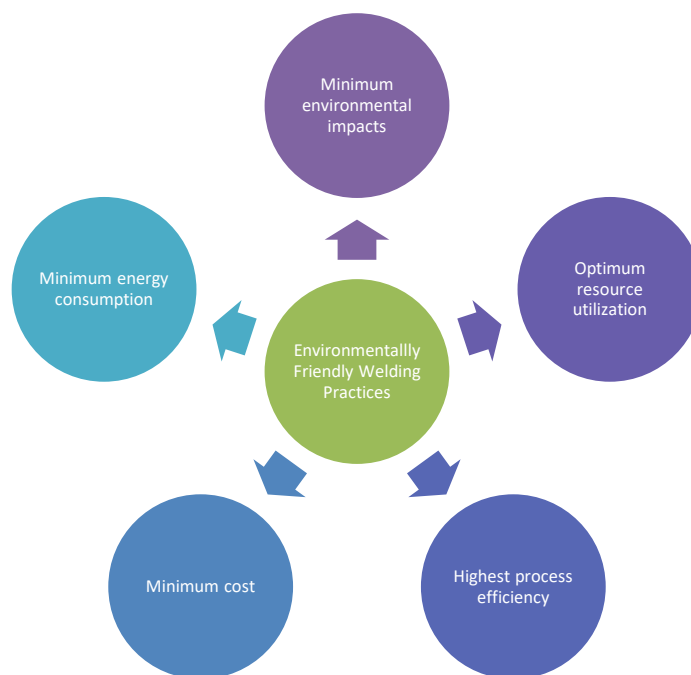
Svejsning står som en nødvendig proces i forskellige industrier, hvorfor dens miljøpåvirkning er vigtigt at reducere. I vores stræben efter miljøvenlige



svejsprocesser sigter vi mod fem nøglepunkter: laveste omkostninger, højeste proceseffektivitet, optimal ressourceudnyttelse, minimale miljøpåvirkninger og minimalt energiforbrug.

Med disse principper adresserer vi ikke kun svejsningens klima fodaftryk, men forbedrer også den samlede operationelle effektivitet. Ved at adoptere omkostningseffektive foranstaltninger og maksimere proceseffektiviteten reduceres ikke kun udgifterne, men også mængde af affald samt energiforbruget. Ved at sigte mod at opnå den optimale ressourceudnyttelse sikrer man, at materialer bruges omhyggeligt, hvilket reducerer både miljøpåvirkning og produktionsomkostninger. Derudover hjælper dette med at reducere menneskets påvirkning på planeten og kan forbedre arbejdsmiljøet ved at prioritere teknikker og teknologier, der minimerer miljøpåvirkninger, såsom reduktion af emissioner og affaldsgenerering. Kort sagt kan vi ved at integrere disse søjler i svejsprocesserne minimere den miljømæssige påvirkning af processen, samtidig med at vi øger effektiviteten.

Figur 1 viser de fem søjler, som svejsprocessens bæredygtighed bør baseres på.



Figur 1 – Fem parametre for miljøvenlige svejsemetoder.



Den miljømæssige påvirkning forbundet med svejsning

Lad os begynde med at undersøge svejsningsprocessernes miljømæssige indvirkning i byggebranchen. Traditionelle svejseprocesser anvender, som nævnt tidligere, varme og energi for at smelte to metaller sammen, hvilket, som et negativt biprodukt, genererer giftige emissioner. Disse emissioner består af både små og nanopartikler samt farlige gasser som kulilte, ozon og nitrogenoxider.

Ydermere, kan svejsning resultere i spild af værdifulde materialer og sjældne gasser. Hvis dette ikke bortskaffelse hensigtsmæssigt, kan dette affald medføre alvorlige miljømæssige risici. Derudover kræver svejseprocessen betydelige mængder energi, som ofte kommer fra afbrænding af fossile brændstoffer.

Eco-Welding Design

Svejsning har en række veletablerede og effektive standarder, er der mangel på relevant information vedrørende miljømæssige overvejelser i forbindelse med svejsning:

- EN 14717: 2005: Svejsning og beslægtede processer - Miljø-tjekliste – giver en vejledning, der blot understreger korrekt drift af udstyret.
- IEC 60974-1 Ed. 4.0 b:2012 - Lysbuesvejseudstyr - Del 1: Svejsestrømkilder – nævner svejsestrømkildens effektivitet.

Dog har indsatsen fra sikkerhedsmyndigheder og regeringer haft en positiv indflydelse på introduktionen af intelligente svejsemaskiner i flere virksomheder inden for sektoren. Europa-Kommissionen (EC) har udarbejdet økodesignkrav for en bred vifte af produktkategorier under rammeværket for økodesign af energirelaterede produkter.

Implementering af mere bæredygtige svejseprocesser

For at forbedre svejsningens miljøpåvirkning kræver brugen af miljøvenlige teknikker. Afhængig af det specifikke projekt har svejsere forskellige svejsemetoder at vælge imellem—nogle kræver mindre energi og genererer mindre affald. Metoder som friktionssvejsning eller magnetisk pulssvejsning er for eksempel mere miljøvenlige, da de producerer færre skadelige dampe, eliminerer behovet for tilsatgasser og reducerer energiforbruget. Det er dog vigtigt at anerkende, at disse teknikker ikke nødvendigvis er egnede til alle byggeprojekter. Heldigvis er der alternativer som laserbuesvejsning og gasmetalbuesvejsning, der også har specifikke miljøvenlige fordele.



Mere miljøvenligt udstyr og genanvendelige materialer

At reducere svejsningens miljøaftryk indebærer at integrere genanvendelse på forskellige måder. Dette omfatter genbrug af brugte metalrester i stedet for at bortskaffe dem og vælge at genbruge reddede og genvundne materialer. Samtidig kan brugen af svejseudstyr af højere kvalitet bidrage til mere langsigtet affaldsreduktion samt et potentielt minimeret energiforbruget.

Integration af industri 4.0

Desuden har fremgangen af Industri 4.0, som omfatter digitalisering af produktionsprocesser, dataanalyse og integration af teknologier sammen med automatisering, gjort det lettere at få adgang til mere reelle dataer som kan bruges til mere veldokumenteret beslutninger. Branchens fortsatte udvikling mod automatisering er også drevet af øgede kundekrav, som er i tråd med den stigende miljøbevidsthed og målsætningen om at en reduktion af CO₂-aftrykket. Dog kræver den praktiske anvendelse af disse nye teknologier i små og mellemstore virksomheder finansielle investeringer og ressourcer, som ikke alle virksomheder har.

Inden for bæredygtig svejsning er det afgørende at opnå maksimal proceseffektivitet, minimal miljøpåvirkning, optimal energieffektivitet, effektiv ressourceudnyttelse og minimalt ressourcepild. Et parameter for at realisere dette er ved at omfavne automatisering i svejseprocedurer. Automatisering reducerer betydeligt affald ved at udnytte robotternes effektivitet til konsekvent at producere svejsninger uden menneskelige fejl, hvilket fører til en betydelig reduktion af potentielle rettelser eller ekstra bearbejdning. Denne præcision indebærer også et reduceret behov for energi og materialer.

Derudover kan automatisering give fordele ved at reducere behovet for menneskelig indgriben. Med en mindre arbejdsstyrke er der en tilsvarende reduktion i energibehov, såsom belysning, og en markant reduktion i forurening forbundet med pendling til og fra stedet. Automatiseringsværktøjer spiller også en afgørende rolle i at strømline genbrugsprocessen.



Introduktion til genanvendelse

Genbrug i svejseprocesser er afgørende for både et miljømæssigt- og operationel effektivitet perspektiv. Ved at genbruge materialer og minimere affald bevares ikke kun værdifulde ressourcer, men svejsningens miljøaftryk reduceres også betydeligt. Denne ansvarlige tilgang til miljøet hjælper med at mindske udledningen af forurenende stoffer, hvilket er af stor betydning i svejseindustrien.

I svejseprocessen er produktionen af forurenende stoffer en konstant bekymring. Disse forurenende stoffer, som omfatter røg, gasser, skadelig stråling og partikelprojektioner, udgør risici for både arbejdernes sundhed og miljøet. Identifikation og forståelse af disse forurenende stoffer er det første skridt mod at implementere sikrere og mere bæredygtige svejsemetoder. I denne sammenhæng vil vi undersøge de vigtigste forurenende stoffer, der genereres under svejseprocessen, og fremhæve vigtigheden af effektive genbrugstrategier og affaldshåndtering for at minimere deres indvirkning.

De vigtigste forurenende stoffer, der skal tages i betragtning i svejseprocesser, er følgende:

Røg og gasser

Under svejsning genereres røg og gasser gennem kemiske reaktioner mellem de involverede komponenter. Disse varierer i egenskaber afhængigt af deres kilde, herunder:

- Emissioner ved interaktion med den omgivende luft.
- Stammer fra grundmaterialet.
- Resultater fra belægning eller overfladebehandling af grundmaterialet.
- Produceret af fyldmateriale, belægnings eller fluxer, der anvendes.
- Udsendt af væsker eller gasser, der er til stede i de containere, der svejses.
- Genereret af affedtningsmidler eller rengøringsprodukter, der anvendes på materialerne.



Figur 2 - Røg og gasser forbundet med svejsning.

Stråling

Svejsprocesser med lysbue udsender synlig, ultraviolet og infrarød stråling, hvor den ultraviolette stråling er særligt skadelig for øjne og hud. Derimod producerer flamme-svejsning lignende stråling, men med en lavere intensitet. Resistance-svejsning udsender primært infrarød og synlig stråling, som er mindre skadelig.



Figur3 3 - Stråling under TIG svejsning.



Støj og partikelprojektion

Støjen ved svejsning stammer fra supplerende opgaver som slibning, stansning og hamring. Visse svejsemetoder, såsom plasma-svejsning og nogle typer af modstandssvejsning, kan generere støj, der overstiger 90 dB.

Partikler fra svejsning kan nå horisontale afstande på op til 10 meter. Kombinationen af disse glødende partikler med gasser og brændbare materialer, sammen med den genererede varme, øger risikoen for brand. Derfor er det vigtigt at arbejde i miljøer med brandsikre gulve, vægge og skærme.



Figur 4 – Partikelprojektion under GMAW svejsning.



3. Beskyttelse af miljøet under svejsning

For at beskytte miljøet i forbindelse med svejsning kan der implementeres flere procedurer og aktiviteter. Svejsning, som kan involvere emission af røg, gasser og andre biprodukter, kræver omhyggelige praksisser for at minimere dens miljømæssige påvirkning. Her er nogle anbefalinger:

1. Brug af miljøvenligt udstyr og materialer:
 - Vælg svejseudstyr, der er energieffektivt.
 - Brug svejsematerialer med lavt indhold af tungmetaller og andre giftige stoffer.
2. Emissionskontrol og ventilation:
 - Installere røgudvasknings- og filtreringssystemer til at fange skadelige partikler og gasser.
 - Sørg for, at arbejdsområdet er godt ventileret.
3. Affaldshåndtering:
 - Bortskaffelse af affald genereret ved svejsning, herunder brugte elektroder og metalspåner, skal ske korrekt.
 - Genanvend materialer, når det er muligt.
4. Ansvarlig energianvendelse:
 - Sluk svejseudstyret, når det ikke er i brug.
 - Vedligehold svejseudstyret i god stand for at sikre energieffektivitet.
5. Uddannelse blandt personale:
 - Uddan svejsere og relevant personale i sikre og miljøvenlige arbejdsmetoder.
 - Fremme en kultur for miljøansvar på arbejdspladsen.
6. Støjdæmpning:
 - Brug svejseteknikker og udstyr, der genererer mindre støj.
 - Implementér akustiske barrierer, hvis nødvendigt, for at minimere støjens indvirkning på miljøet.
7. Brug af alternative svejseteknikker:
 - Overvej at anvende svejseteknikker, der genererer mindre røg og affald, som TIG- eller MIG-svejsning, i stedet for mere forurenende metoder. Brug svejseteknologier, der minimerer affaldsproduktion, såsom Friction Stir Welding (FSW), som er særligt effektiv til at sammenføje aluminium og producerer mindre affald sammenlignet med traditionelle metoder.



8. Regelmæssige inspektioner og vedligeholdelse:

- Udfør regelmæssige inspektioner for at sikre, at svejseudstyr og -processer ikke forårsager miljøskader.
- Vedligehold udstyret korrekt for at forhindre lækager og andre problemer, der kan være skadelige for miljøet.

Implementeringen af disse praksisser hjælper ikke kun med at beskytte miljøet, men kan også forbedre sikkerheden og effektiviteten på arbejdspladsen.



4. Anvendelse og håndtering af svejsematerialer

Anvendelse og håndtering af svejsematerialer

Svejseprocesser er vigtige i mange industrier, men de kan have betydelige miljømæssige og sundhedsmæssige konsekvenser på grund af de anvendte materialer og de emissioner, der genereres. Her er nogle nøglepunkter vedrørende brug og håndtering af svejsematerialer:

1. Sikker Opbevaring af Materialer:

- Svejsematerialer som elektroder, ledninger og gasser skal opbevares sikkert for at forhindre utilsigtet frigivelse eller eksponering. Det er vigtigt med ordentlig ventilation i opbevaringsområderne for at undgå ophobning af skadelige gasser.

2. Korrekt Bortskaffelse af Affald:

- Brugte elektroder, slagter og andet svejseaffald skal bortskaffes i overensstemmelse med miljøreglerne. Genanvendelse bør overvejes, hvor det er muligt, for at minimere affald.

3. Brug af Beskyttelsesudstyr:

- Svejsere bør bruge passende personligt beskyttelsesudstyr (PPE), såsom åndedrætsværn og røgudsugere, for at minimere eksponering for skadelige dampe og gasser.

4. Uddannelse og Bevidsthed:

- Regelmæssig uddannelse i sikker håndtering, opbevaring og bortskaffelse af svejsematerialer er afgørende for at sikre arbejdssikkerhed og miljøbeskyttelse.

Forureningsniveauet af forskellige svejsemetoder og anbefalinger



De forskellige svejsemetoder udleder varierende niveauer af forurenende stoffer. Her er en kort oversigt med anbefalinger til brug af mindre forurenende metoder:

1. SMAW:

- Høj emission af røg og gasser. Dækkede svejseelektroder udvikler sig til at udlede mindre røg og skadelige gasser. Disse renere elektroder reducerer eksponeringen for farlige stoffer og minimerer luftforurening. Brug alternative metoder, især i lukkede rum.

2. GMAW (MIG-Svejsning):

- Moderat emission, men mere kontrolleret sammenlignet med SMAW. Overvej denne metode, når præcision og kontrol er nødvendige.

3. GTAW (TIG-Svejsning):

- Lav emission af røg. Foretrækkes for dens renere drift, især ved svejsning af rustfrit stål og aluminium.

4. FCAW (Flux-Cored Arc Welding):

- Genererer betydelig røg, men kan være mere effektiv end SMAW. Brug med passende ventilation.

5. SAW (Submerged Arc Welding):

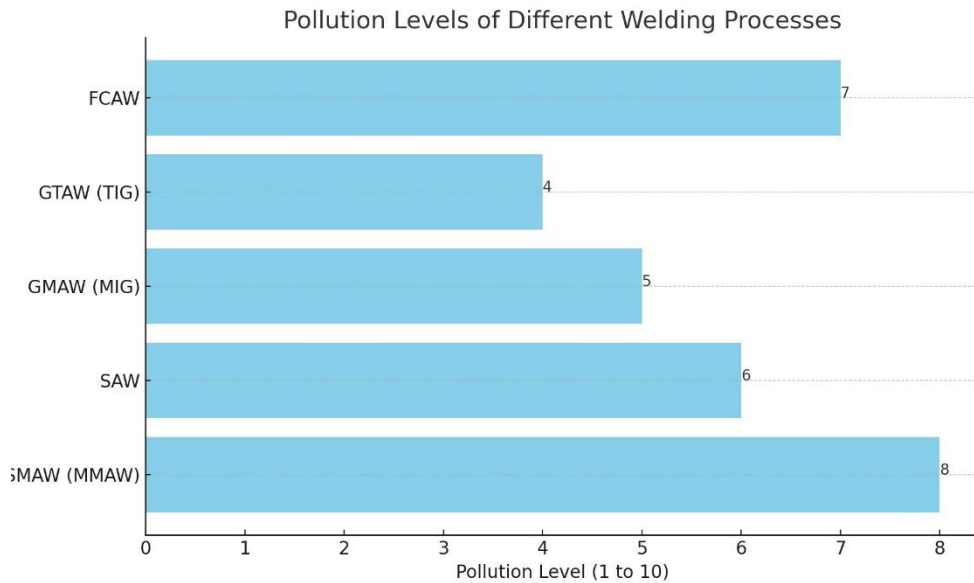
- Lavere røgdudslip på grund af fluxdækningen, men affald fra slagge skal bortskaffes korrekt.

6. Laser- og Ultralydssvejsning:

- Meget lav forurening, ideel til præcisionsarbejde og rene svejsninger, dog begrænset i anvendelse på grund af udstyrsomkostninger og materialebegænsninger.

Yderligere information om dette emne kan findes i CU2.

Nedenfor vises et omtrentligt diagram, hvor du kan vurdere forskellen mellem de forskellige svejsemetoder med hensyn til affalds- og forureningsgenerering.



Figur 5 - Forureningsniveauer for forskellige svejsemetoder

Konklusion og anbefalinger

Valget af svejsemetode bør tages med hensyn til både anvendelseskrav og miljøpåvirkning. Hvor det er muligt, bør der prioriteres metoder med lavere emissioner, som f.eks. GTAW (TIG), laser- eller ultralydssvejsning. Effektive ventilationssystemer, brug af miljøvenlige materialer og korrekt bortskaffelse af affald er afgørende for at reducere svejseaktivitetens miljømæssige fodaftryk. Med teknologiens fremskridt kan det at finde og anvende nyere, renere svejseteknikker i høj grad bidrage til bæredygtighed i svejseindustrien.



5. Genanvendelse af stål, rustfrit stål og aluminium

Stål (carbon steel):

I svejseprocesser, der involverer stål, spiller genanvendelse en central rolle i en effektiv ressourcehåndtering. Under svejsning opstår der skrot og affaldsrester af stålet, som kan indsamles til genbrug. Disse rester, der ofte stammer fra skæringer og tilpasninger i fremstillingen af strukturer eller komponenter, udgør en værdifuld kilde til genanvendeligt materiale.

Genanvendelse af disse stålrester reducerer ikke kun mængden af affald, der ender på deponi, men mindsker også behovet for at udvinde nye mineralressourcer. Stål bevarer sine strukturelle egenskaber efter genanvendelse, hvilket gør det muligt at smelte og omforme det til en bred vifte af nye produkter. Denne genanvendelsesproces bidrager betydeligt til at reducere CO₂-aftrykket forbundet med ny stålproduktion.

For at maksimere effektiviteten af genanvendelse af stål, er det vigtigt at implementere opsamlings- og sorteringssystemer på værksteder og svejsepladser. Dette letter adskillelsen af stål fra andre materialer og sikrer, at den maksimale mængde opsamles til genanvendelse.

Rustfrit stål:

Genanvendelse af rustfrit stål har sine egne udfordringer og muligheder. Rustfrit stål anvendes i alt fra konstruktion til fremstilling af køkkenudstyr og medicinsk udstyr, og de skrot- og affaldsrester, der genereres under svejsning, er også værdifulde for genanvendelse.

En vigtig overvejelse ved genanvendelse af rustfrit stål er behovet for korrekt klassificering og sortering af de forskellige legeringstyper. Rustfrit stål findes i forskellige sammensætninger, hver med specifikke egenskaber og anvendelser. Denne klassificering er afgørende for at opretholde kvaliteten og de ønskede egenskaber af det genanvendte rustfri stål.

Når det er indsamlet og klassificeret, gennemgår rustfrit stål en proces med knusning og rengøring for at forberede det til smeltning. Under smeltningen kan sammensætningen af rustfrit stål justeres ved at tilsætte eller fjerne elementer for at opnå den ønskede kvalitet. Ligesom stål hjælper genanvendelse af rustfrit stål med at bevare naturressourcer og reducerer CO₂-aftrykket forbundet med produktion af nye materialer.



Effektiv implementering af genanvendelsesmetoder af rustfrit stål er ikke kun miljømæssigt fordelagtig, men kan også give økonomiske fordele ved at reducere behovet for nye og dyre materialer.

Aluminium:

Genanvendelse af aluminium er afgørende for både miljømæssig og operationel effektivitet. Aluminium er kendt for sin høje genanvendelighed, da det kan genbruges gentagne gange uden at miste sine fysiske egenskaber. Denne udvidede sektion fokuserer på specifikke metoder, teknologier og strategier til at forbedre styringen af aluminiumgenanvendelse i svejseprocesser.

Specifikke metoder til genanvendelse af aluminium i svejsning:

1. Effektiv affaldsseparation: Aluminium kan nemt blive kontamineret med andre metaller under svejsning, derfor er det vigtigt med effektive systemer til affaldssortering. Dette indebærer brug af dedikerede containere til kun at opsamle aluminiumskrot.
2. Opsamling af skrot og spåner: Under svejsning og bearbejdning af aluminium opstår der skrot og spåner, som kan opsamles til genanvendelse. Implementering af opsamlingsystemer på arbejdspladsen letter denne opgave.
3. Smeltning og forfining af aluminiumaffald: Det opsamlede aluminiumaffald kan smeltes og raffineres til at producere aluminiumstænger. Disse stænger kan bruges til at fremstille nye aluminiumprodukter, hvilket bevarer materialets kvalitet og egenskaber.

Fordele ved genanvendelse af aluminium i svejsning.

1. Reduktion af CO₂-aftryk: Genanvendelse af aluminium kræver betydeligt mindre energi end produktion af primær aluminium, hvilket bidrager til en mærkbar reduktion i CO₂-udslip.
2. Bevarelse af ressourcer: Genanvendelse af aluminium bevarer naturressourcer og reducerer behovet for minedrift og udvinding.
3. Omkostningsreduktion: Brug af genanvendt aluminium kan sænke materialeomkostningerne for producenter og svejseværksteder.



Derfor er implementeringen af bæredygtige metoder til aluminiumgenanvendelse i svejseprocesser afgørende for en mere miljøvenlig, ressourceeffektiv og økonomisk bæredygtig industri.

Generelle bæredygtighedsmetoder i svejsning:

- **Materiale audit:** Gennemfør regelmæssige audits for at identificere mulighederne for at reducere, genbruge og genanvende materialer.
- **Løbende uddannelse:** Tilbyd kontinuerlig uddannelse til medarbejdere om bæredygtige metoder og hvordan de effektivt kan implementeres.
- **Anvendelse af avanceret teknologi:** Implementer svejseteknologier, der minimerer affaldsproduktionen og forbedrer materialeffektiviteten.

Konklusioner

1. Miljøvenligt Udstyr og Materialer: Det er afgørende at anvende energieffektivt svejseudstyr og materialer med lavt indhold af giftige stoffer.
2. Emissionkontrol og Tilstrækkelig Ventilation: Implementer røgudtræk og filtreringssystemer for at minimere eksponeringen for skadelige gasser og dampe.
3. Genanvendelse af svejsematerialer: Genanvendelse er essentiel for affaldsreduktion, gennem opsamling og genanvendelse af metalskrot og forbrugsstoffer.
4. Sikre ansvarlige Arbejdsmetoder: Inkluder træning og oplysning af personale om miljøvenlige svejsemetoder.
5. Energieffektivitet: Reducer energiforbruget ved at slukke for udstyr, når det ikke er i brug, og holde det i god stand.
6. Specifik Metalgenanvendelse: Kuldsteel, rustfrit stål og aluminium skal genanvendes korrekt, med respekt for deres specifikke egenskaber og sammensætning, for at maksimere ressourcebesparelse og energieffektivitet.

Referencer



DIRECTIVE 2009/125/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:285:0010:0035> :en:PDF (accessed in 24/01/2024)

Gadakh, Vijay S., and Vishvesh J. Badheka. "Sustainability of fusion and solid-state welding process in the era of Industry 4.0." *Handbook of Smart Materials, Technologies, and Devices: Applications of Industry 4.0*. Cham: Springer International Publishing, 2022. 1637-1654.

González-González, Carlos, et al. "Environmental and Economic Analyses of TIG, MIG, MAG and SMAW Welding Processes." *Metals* 13.6 (2023): 1094.

Rajan, Richard. "Green welding in practice." (2015).

Rajput, Shubhangini, and Surya Prakash Singh. "Current trends in Industry 4.0 and implications in container supply chain management: a key toward make in India." *Digital India: Reflections and Practice* (2018): 209-224.

Saad, Mohammed H., Basil M. Darras, and Mohammad A. Nazzal. "Evaluation of welding processes based on multi-dimensional sustainability assessment model." *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology* 8 (2021): 57-75.

Schröder, Christian. "The challenges of industry 4.0 for small and medium-sized enterprises." *Friedrich-Ebert-Stiftung: Bonn, Germany* 7 (2016): 1-28.

The Environmental Impact: Sustainable Welding Practices in Industry. Red-D-Arc. <https://blog.red-d-arc.com/welding/environmental-sustainable-welding-practices/>

Sustainable Construction: The Environmental Impact of Welding Techniques. NexAir. <https://www.nexair.com/learning-center/environmental-impact-of-welding-techniques/>

Del B - Affalds- og materiale reduktion

1. Optimering af materiale genanvendelse

Effektiv materialeanvendelse

Det er vigtigt at anvende de optimale skære- og svejseteknikker for at maksimere materialeforbruget. Dette inkluderer metoder til at optimere kantforberedelse for at minimere affald, følge tegningerne nøje og vælge svejseprocesser, der maksimerer materialeanvendelse og energiforbrug i henhold til specifikationerne for svejseprocedurer.

Genanvendelse af ståloffald

Det er nødvendigt at følge et effektivt genanvendelsessystem på værkstedet for at optimere materialerne. Dette kan omfatte adskillelse af forskellige typer metaller, optimering af materialerne og samarbejde med lokale genbrugsfaciliteter.



Figur 1- Affaldshåndtering



2. Reducering af affald relatret til svejseprocessen

Genbrug af materialer:

Forstå, hvordan man identificerer muligheder for at genbruge materialer i værkstedet. Inkluder praktiske eksempler, såsom at bruge rester til at skabe nyttige værktøjer eller artefakter, eller til eksperimentelle svejsepraksisser.

Miljøbevidsthed:

Forstå påvirkningen af svejseaffald på miljøet, og hvordan bæredygtige praksisser kan bidrage positivt. Følg 'zero waste'-politikker og fremme en tilgang med miljøansvar blandt kollegaer.



Figur 2 - "Zero-waste" politik på arbejdspladsen



3. Svejseteknikker og reducere af reparationer

Valg af svejseteknikker:

Lær hvordan forskellige svejseteknikker (som MIG, TIG og nedsænket bue) tilpasses forskellige materialer og projekter. Diskutér, hvordan det rigtige valg af teknik kan påvirke kvaliteten af svejsningen og reducere behovet for efterarbejde eller reparationer, hvilket igen mindsker spild.

Kvalitet fremfor kvantitet:

Lær teknikker til at forbedre præcisionen og kvaliteten af svejsningen. Dette inkluderer træning i temperaturkontrol, svejsehastighed, elektrodestyring og gashåndteringsteknikker for at minimere fejl og behovet for omarbejdning.



Figur 3 – Teknologi baseret kvalitets produktion



4. Optimering af svejsesamlinger

Effektiv svejsesamlinger:

Undersøg teknikker der forbedre svejsesamlingerne, hvilket ikke kun forbedrer svejse kvaliteten, men også minimerer energiforbruget.

Relationen mellem samlingen og energiforbruget:

Forstå sammenhængen mellem valg af samlingsforberedelse og energibesparelse i svejseoperationer. Lær om samlingsdesign, der optimerer materialeforbruget og minimerer behovet for overdreven antal svejsepassager. Læg vægt på forholdet mellem samlingsforberedelse og varmeinput under svejsning.



Figur 4- Forberedelse til svejsning

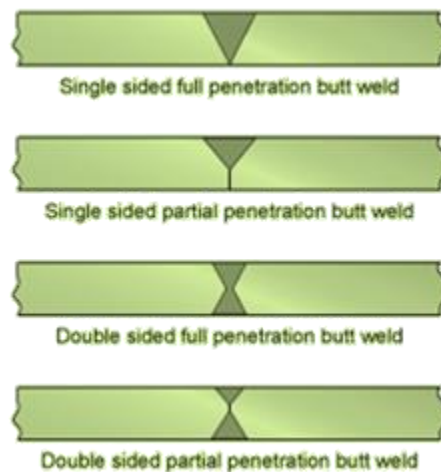


5. Maksimering af materialegenindvinding

Vigtigheden af svejseforbedrelser

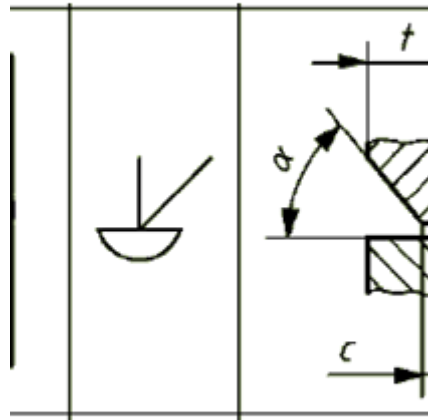
Det er meget vigtigt at forstå geometrien og indflydelsen af de forskellige svejsesamlinger, da det påvirker både tid og materialeforbrug under udførelsen af svejsningen.

En X-forberedelse kræver mindre svejsmateriale end en V-forberedelse.



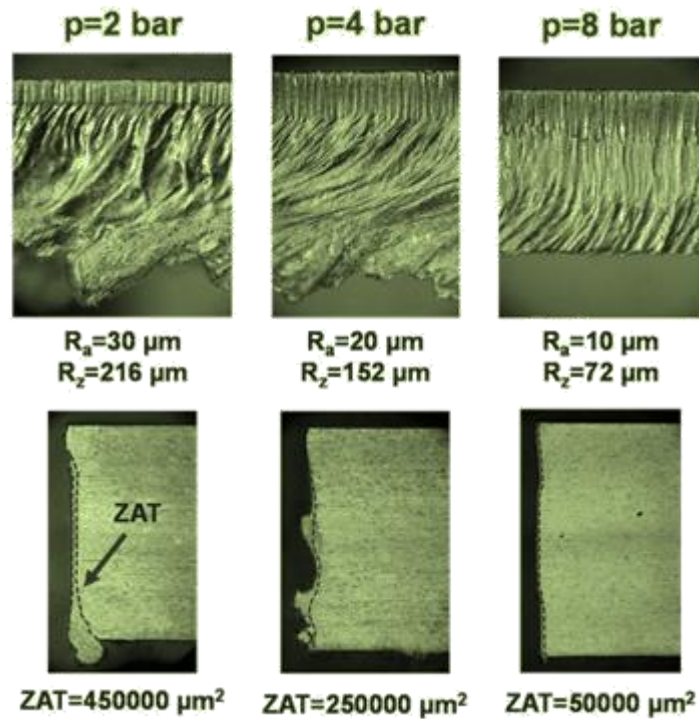
Figur 5 – Eksempler på svejsesamlinger

En mere åben eller lukket vinkel kan betyde manglende indtrængning eller større deformationer, hvilket vil kunne medføre ekstra reparationsarbejde.



Figur 6 – Detaljeret billede af forbedringsarbejdet til en svejsning

Parametrene for skæring bidrager til svejseprocessens samlede effektivitet.



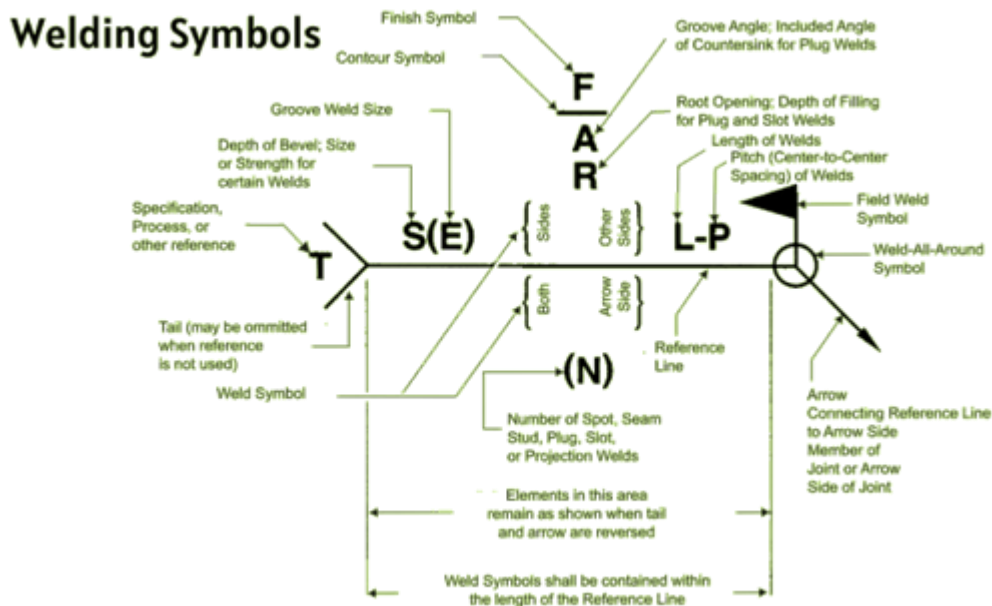
Figur 7 – Udklip af kvalitetsniveauer



Forkerte skæreparametre kan medføre ekstra forberedelsesarbejde på grund af behovet for yderligere slibning, hvilket kræver større energi- og materialeforbrug.

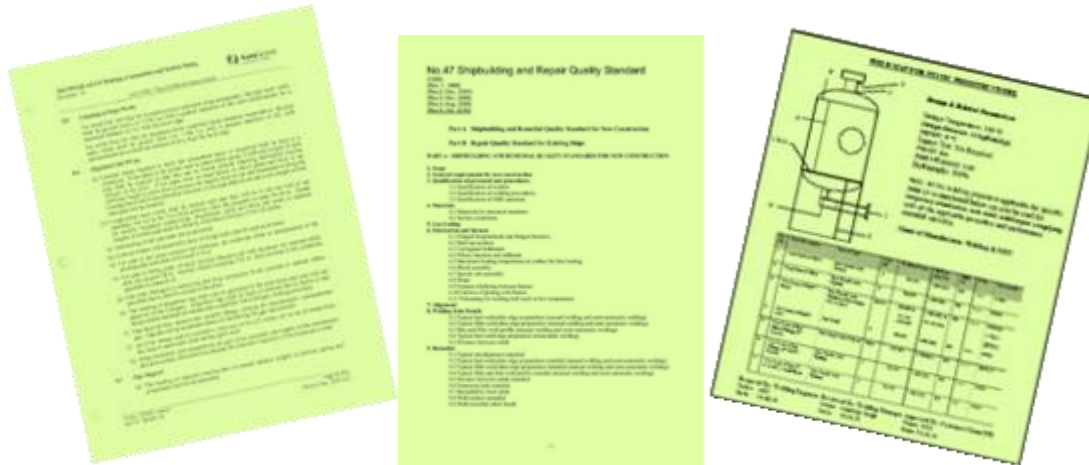
Forstå svejsesymboler og arbejdstegninger

Det sikrer, at alle svejsninger er lavet korrekt den første gang, at det håndteres mest effektivt med minimal spild.



Figur 8 – Svejsesymboler

Det er vigtigt at forstå tegningsmaterialet, da vigtige detaljer om udførelsen, samlinger med mere, kan fremgå, samt tilladte tolerancer og andre konstruktionsdetaljer.



Figur 9 - Dokumentationsmateriale

En anderledes samlingsrækkefølge eller forkert samlingsgeometri kan medføre dårligt udnyttelse af basismaterialet eller behov for reparationer.

6. Reducer affaldsmængden i svejseprocessen

Genanvendelse af materialer

Svejsningsprøver til kvalificering af procedurer kan udtages fra materialerester, og hvis de ikke er acceptable, kan de genbruges til forudgående tests.



Figur 10 – Kvalificeringsvejse prøve



Før produktionsstart er det vigtigt at kontrollere svejseparametrene fra det produktionsmateriale der er tilgængelig. En god praksis er at have modeller eller dele af sektioner til rådighed, som man kan øve sig på.



Figur 11 – Mulighed for svejseprøver

Miljøbevidsthed

Svejsning genererer metalrøg, både fra de metaller, der svejses, fra de tilsatsmaterialer, der anvendes, og fra fluxer eller beskyttelsesgasser. Disse røg frigives til miljøet og kan forurene luft, jord og vand samt påvirke mennesker eller dyr i området negativt.

Den elektricitet, der bruges til svejsning, skal komme et sted fra. Som en meget energikrævende proces kan enhver indsats for at reducere energiforbruget eller gøre svejsning mere energieffektiv være gavnlig for miljøet, selvom det kan være langt fjernet fra selve energiproduktionen.

Svejsning har mange forbrugsvarer, hvoraf mange efterlader affald eller rester, der blot kasseres som affald. Dette er kun overfladen; en omfattende analyse af svejseprocesser viser et bredt spektrum af potentielle miljøforurenende stoffer og påvirkninger i hele branchen.



Figur 12 – Efterproces (slibning)

Miljøbevidsthed - Good practices

- Spring de ineffektive gimmicks over, der kun giver en god følelse uden effekt
- Undersøg affald og genanvend alt, der kan genanvendes
- Vælg en svejseproces med mindre miljøpåvirkning
- Brug automatisering for at øge hastigheden og mindske spild
- Brug et røgudsugningssystem for at undgå udledning af forurenende stoffer
- Skift til miljøvenlige forbrugsvarer
- Vælg energieffektive svejsesystemer
- Brug virtuel virkelighed til operatørtræning



Figur 13 – Produktionscirkel

7. Welding techniques and reduction of Repairs

Selection of Welding Techniques

Skærmet metalbuesvejsning (SMAW) kaldes almindeligvis "STICK"-svejsning som bruger en holder – håndtaget, der holder svejsestangen.

Fordele

1. Lavere udstyrsomkostninger end GTAW, FCAW og GMAW. (Ingen flaske, gasslange, flowmåler eller TIG-udstyr/trådføder nødvendig).
2. Hurtigt skift fra ét materiale til et andet.
3. Processen egner sig til svejsning i trange rum og forskellige positioner med få problemer.
4. Aflejringshastigheder hurtigere end manuelle GTAW.
5. Nem at flytte fra et sted til et andet. Ingen trådføder og flaske nødvendig.
6. Kræver ingen ekstern beskyttelsesgas og kan bruges udendørs i let til moderat vind.



7. Muligheden for at bøje elektroden og den lille plads, elektroden optager, gør det muligt at anvende processen i relativt trange rum.

Ulemper

1. Lav aflejringshastighed sammenlignet med GMAW/FCAW.
2. Omkostningerne til tilsatsmateriale per svejsning kan være højere på grund af lav aflejringsgrad, som kan variere meget afhængigt af stublængden.
3. Produktionsfaktoren er typisk lavere på grund af stangskift og slaggebrydning (medmindre der svejses på forskellige materialer).
4. Kræver mere hånd-øje-koordination end GMAW/FCAW.
5. Slagge skal fjernes sammenlignet med GTAW/GMAW.

Gasmetalbuesvejsning (GMAW) kaldes almindeligvis "MIG"-svejsning og bruger en "MIG-pistol" med en trådføder.

Fordele

1. Høj aflejringsgrad, når det anvendes i visse overførselstilstande.
2. Ingen slagge, der skal fjernes, sammenlignet med SMAW og FCAW.
3. Processen kan bruges på tynde materialer med relativt lethed, hvis den er korrekt indstillet.
4. Lavere brintindhold i svejseaflejringen med alle elektroder.
5. Høj produktionsfaktor, da ingen slagge skal fjernes, og der anvendes en kontinuerlig elektrode.
6. Med korrekt indstilling af parametre for anvendelsen kan de fleste svejse efter meget kort øvelse.
7. En given elektrodestørrelse kan bruges produktivt på forskellige materialetykkelse, sammenlignet med SMAW og GTAW.

Ulemper

1. Kræver en trådføder, som er svær at flytte og kan være en vedligeholdelses- og reparationsbyrde.
2. Kræver beskyttelsesgas, hvilket gør svejsning under blæsende forhold vanskelig. Er generelt ikke egnet til blæsende forhold.
3. Svejsninger uden for position kan til tider være mere udfordrende.
4. Øget risiko for manglende fusion, hvis parametre og svejseteknik ikke kontrolleres.
5. Pistolen er svær at få ind på trange steder.

Gasskærmsvejsebuesvejsning (GTAW) kaldes almindeligvis TIG-svejsning.

Fordele



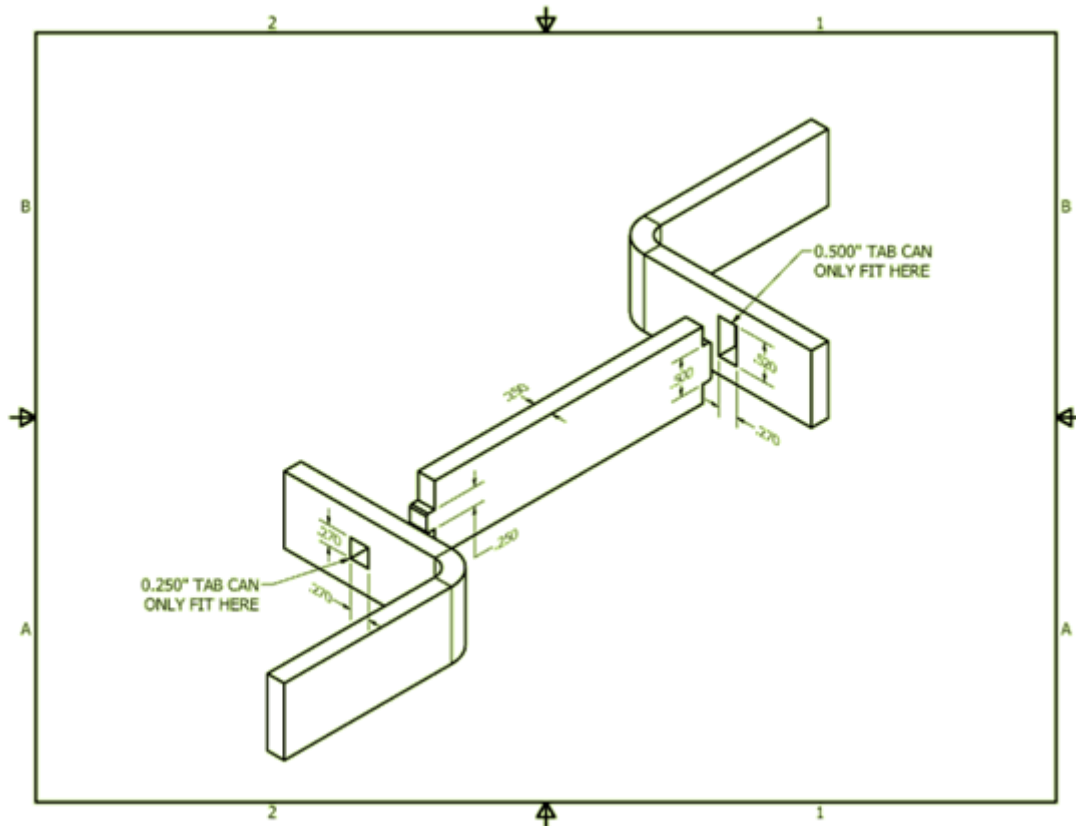
1. GTAW-svejsning tilbyder større præcision og højere kvalitet sammenlignet med andre svejseteknikker.
2. Det er en svær færdighed at lære for mange, da man skal holde svejselampen i den ene hånd og tilsatsmaterialet i den anden for et vellykket resultat.
3. GTAW-svejsning bruger en renere proces, og en GTAW-svejser kan anvendes i næsten enhver position.
4. GTAW-svejsning giver mulighed for at vælge præcis strømstyrke til arbejdet.
5. Du kan svejse flere typer metaller og legeringer med GTAW-svejseprocesser.
6. GTAW-svejseprocesser er velegnede til svejsning af kromlegeringer, aluminium, stål, nikkellegeringer, rustfrit stål, kobber, messing og magnesium.
7. Der er færre dampe og mindre røg ved GTAW-svejsning.
8. Det er ikke nødvendigt at købe flere forskellige beskyttelsesgasser for at arbejde effektivt, da argon normalt bruges til de fleste GTAW-svejseanvendelser.
9. Omkostningerne til en GTAW-svejser er sammenlignelige med andre metoder.

Ulemper

1. GTAW-svejsning er dyrere end de andre tilgængelige processer.
2. Dårlig gasdækning kan føre til forureningsproblemer.
3. Det er nødvendigt at forstå den korrekte polaritet for svejsningerne.
4. Overophedning kan være et væsentligt problem ved GTAW-svejsning.
5. GTAW-svejsning kræver højere færdighedsniveauer og er en betydeligt langsommere proces sammenlignet med andre.
6. Kvalitet frem for kvantitet

1. Inkluder "tabs" and "slots" samt and "cleco huller"

Tapper og slidser reducerer behovet for komplicerede fiksturer ved at forbinde metaldele med tapper på én del og slidser eller huller på den anden. Ved at designe dine dele med tapper og slidser kan svejsere samle delene hurtigere og mere effektivt. Tapper og slidser kan også sikre, at dele er korrekt orienteret, før de svejses sammen. Disse fungerer i praksis som en fejlforebyggelse i processen og forbedrer samtidig effektiviteten ved svejsning. Ligeledes hjælper cleco-huller svejserne med at finde den præcise placering til at svejse delene sammen, og disse huller kan fyldes ud, hvis det er nødvendigt.



Figur 14 – Eksempel på "tabs" og "slides"

2. Vælg det rigtig materiale for de enkelte projekter

Det er meget vigtigt at vælge materialet til dit projekt med omhu.

Hvis du ændrer materialets kvalitet eller tykkelse, er det meget sandsynligt, at du bliver nødt til at kassere alt, der er fremstillet under disse forhold. Eller på den anden side kommer til at overdimensionere så det er unødvendigt stærkt.



Figur 15 - Stållaffald



3. Undgå eller minimere gaps

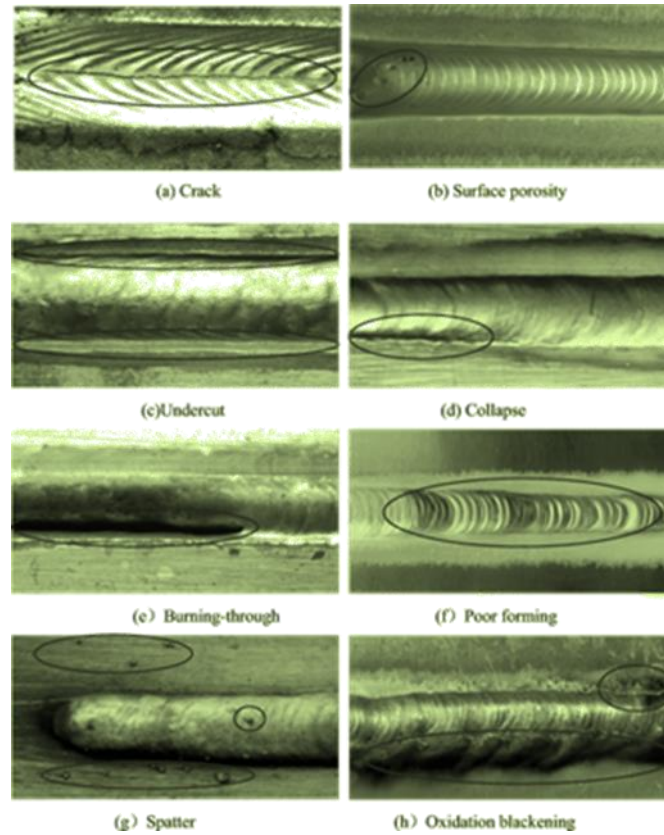
Selvom der findes teknikker til at udfylde mellemrum, er det bedst at starte med så små mellemrum som muligt for at muliggøre hurtigere svejsning og minimum af svejsemateriale.



Figur 16 - Måling af part

4. Vælg den rigtige tolerance og svejsekvalitet

Derved undgår man reparationer eller kasseringer ved ikke at opnå tolerancer eller accepterede kvalitetskriterier.



Figur 17 – Typisk overflade ved svejsning

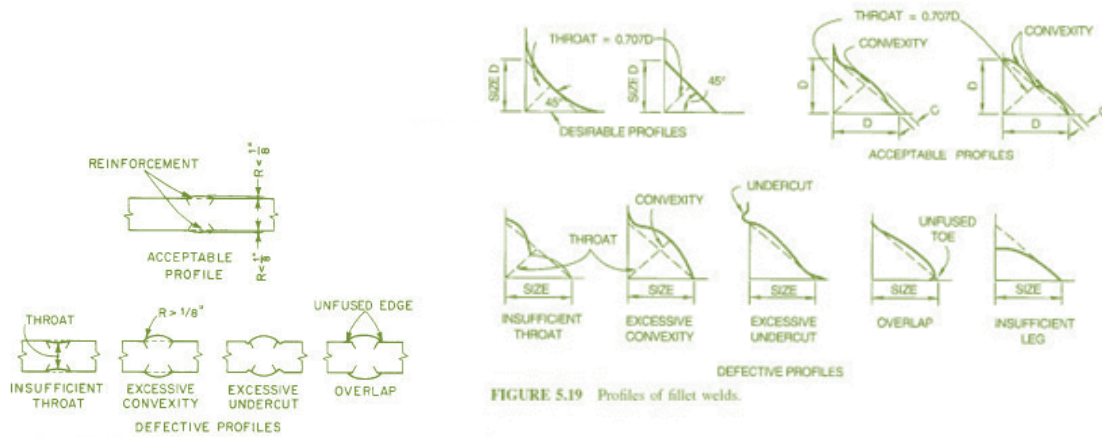


FIGURE 5.19 Profiles of fillet welds.

Figur 18 – Prøver på sektionsfejl ved svejsning



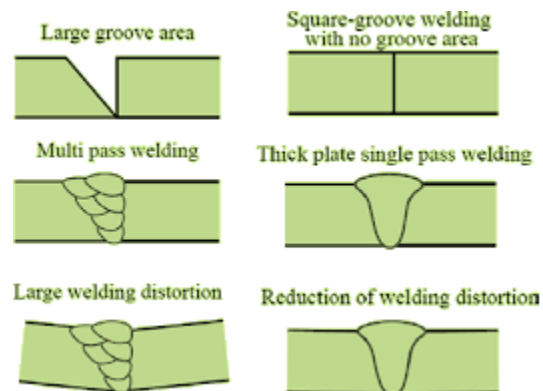
7. Optimering af forbedreleserne til svejsesamlingerne

Reducering af svejsemateriale

For at minimere deformation og af økonomiske årsager bør svejsemetalvolumen begrænses til designkravene.

Ved en ensidet samling bør svejsens tværsnit holdes så lille som muligt for at reducere graden af vinkeldeformation.

Ved at reducere mængden af svejsemetal reducerer vi forbruget af materialer, energi og gas.



Figur 19 – Deformation ved forskellige svejsesamlinger



Reducering af antallet af svejsepassager

Graden af vinkeldeformation stiger typisk med antallet af svejsepassager.

Ved at reducere deformationen kan vi spare energi, der ellers ville blive brugt på at rette op på problemet, og samtidig undgå risikoen for at skulle kassere arbejdet.

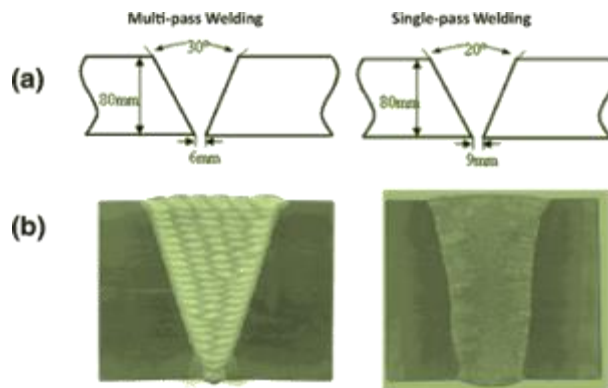


Figure 20 – Enkel eller flerlags fyldning

Forholdet mellem forberedelse til svejsesamlingen og energiforbrug

Effektive design af svejsesamlinger er vigtige for at minimere energiforbruget under svejsning. Ved at vælge de rigtige samlingskonfigurationer kan svejsere reducere mængden af tilsatsmateriale og antallet af svejsepassager, der skal bruges. Dette sparer både energi og omkostninger og gør svejseprocessen mere bæredygtig.

Den mængde varme, der kræves under svejsning, afhænger af forberedelsen til svejsesamlingen. Svejsning af tykkere materialer eller brug af u hensigtsmæssige samlingsdesign kan kræve mere varme, hvilket øger energiforbruget. Derimod kan en præcis forberedelse til svejsesamlingen, der er tilpasset materialets tykkelse og svejsekrav, optimere varmeinputtet og forbedre energieffektiviteten.

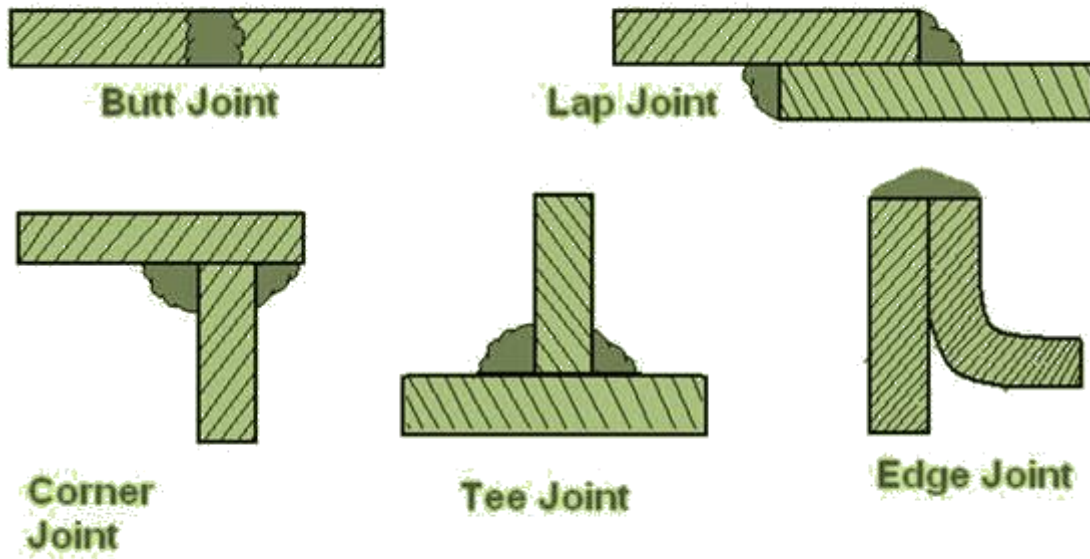


Figure 21 – Typiske svejsesamlinger