

# LASERSVEJSNING

-INSPIRATIONSKATALOG





PÅFØR SVEJSEBRILLERNE !

LASER SVEJSNING  
© EcoSign 2015  
1. Udgave, 1. Oplæg

Publikation for FORCE Technology

Tekst: Michel Honoré (FORCE)  
Uffe Ditlev Bihlet (FORCE)  
Illustration og Layout:  
Daniel Damgaard Hansen

Trykt hos Green Graphic ApS  
Printed in Denmark 2015

Fotografisk, mekanisk eller anden  
form for mangfoldiggørelse af  
denne publikation eller dele heraf er  
ikke tilladt ifølge gældende dansk lov  
om ophavsret.

EcoSign  
Farstrupvej 79  
5471 Sønderød  
+4522176780  
ddh@ecosign.dk  
www.ecosign.dk



## FORORD

Kære læser

Den danske industri står for en stor del af landets produktivitetsvækst. Skal Danmark stå stærkt i den internationale konkurrence, kræver det både, at virksomhederne får den nyeste viden og at der sker en større interaktion mellem udviklere og brugere af ny produktionsteknologi.

Derfor blev projektinitiativet 'Produktion i Danmark', som er finansieret af Styrelsen for Forskning og Innovation i en resultatkontrakt for perioden 2013-15, sat i værk. Formålet var at styrke dansk produktions konkurrenceevne, produktivitet og beskæftigelse ved at give danske virksomheder indblik i ny viden og teknologi via relevante udvalgte temaer.

Denne publikation er tilknyttet temaet "Lasersvejseprocesser", hvor der er arbejdet med, hvordan man kan styrke produktiviteten ved anvendelsen af lasersvejseprocesser. Specifikt har arbejdet sigtet mod en fremtidig implementering i de involverede virksomheders egen produktion.

Da laserteknologi giver nogle helt klare produktionsfordele, så er det vigtigere end nogensinde at få disse beskrevet og implementeret bredt i et sådan format, at det supporterer en designfase, omstilling af produktion eller blot genererer inspiration. Det er netop formålet her!

God læselyst

Peter Tommy Nielsen



*“Laserteknologi er ikke længere science fiction. Det er et tilgængeligt produktionsredskab – som vinder mere indpas!”*

# INDEX

<u>Generelt om lasersvejsning</u>	<u>01</u>
Laserens opbygning	
<u>Lasersvejsningens udbredelse</u>	<u>07</u>
<u>Design &amp; produktudvikling</u>	<u>15</u>
Lasersvejsningens fordele	
Fugegeometri	
Design guidelines	
Opspænding	
Produktudvikling	
Hvilke materialer kan svejses?	
Produktionscyklus	
<u>Svejsetemaer</u>	<u>25</u>
Lavt energi input	
Højt energi input	
Ensartet Kvalitet	
<u>Perspektiver for lasersvejsning</u>	<u>39</u>
<u>Opsummering</u>	<u>40</u>
<u>Forecasting</u>	<u>41</u>

01

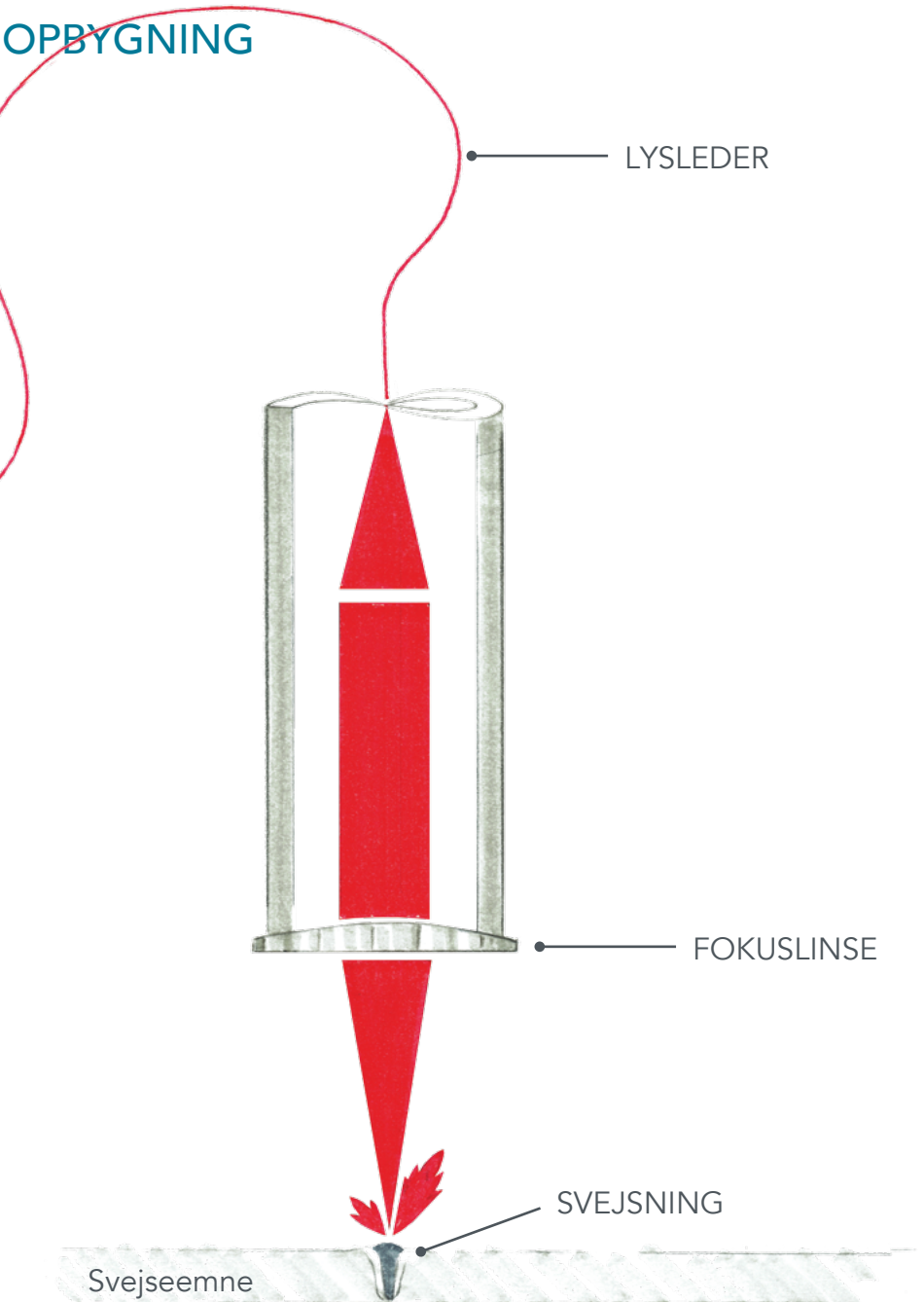
GENERELT OM  
LASERSVEJSNING

## LASERENS OPBYGNING

Fælles for lasere uanset anvendelse, er deres basale opbygning, som i sin simpleste form kan koges ned til at udgøres af bare tre hovedkomponenter: Et lysforstærkende element, et par spejle og en energikilde. Oftest er hovedkomponenterne integreret til en laserkilde med køleenhed og stråleføring, og for industrielle lasere som regel med en manipulator, f.eks. i form af en robot, som kan bevæge emnet eller laseren. Alt sammen med ét formål: Svejsning eller skæring af emner.



## LASERENS OPBYGNING



## LASERENS OPBYGNING

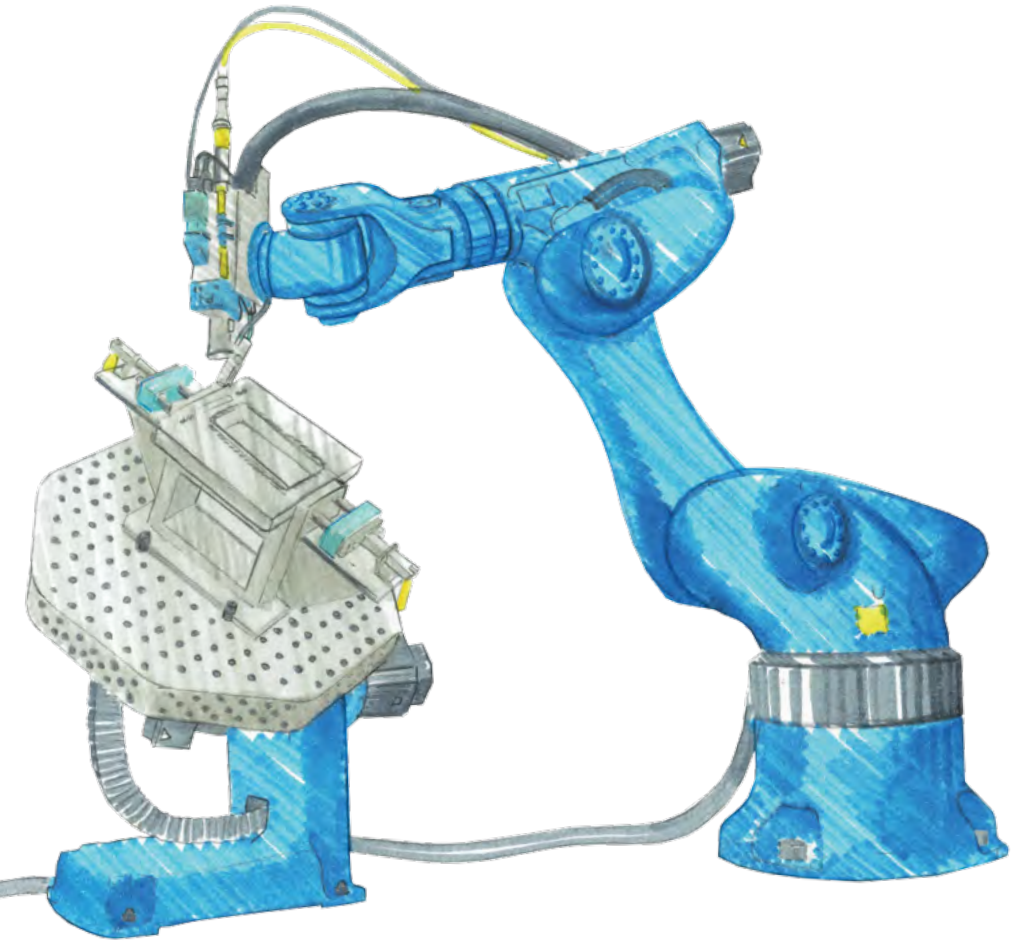


### LASER

Laserkilden leverer energi til svejseprocessen i form af lys, som kan koncentreres til en meget høj energitæthed, tilstrækkelig til at smelte tykke stålplader. Laseren integreres med køling og stråleføring.

### LASERFREMFORING

Ved hjælp af optiske fibre eller spejle, føres lyset fra laseren til emnet, som skal svejses. Fiberfremførte lasere letter samspillet med f.eks. svejserobotter, men er ikke mulig med alle lasertyper.



### FIKSTUR MED EMNE

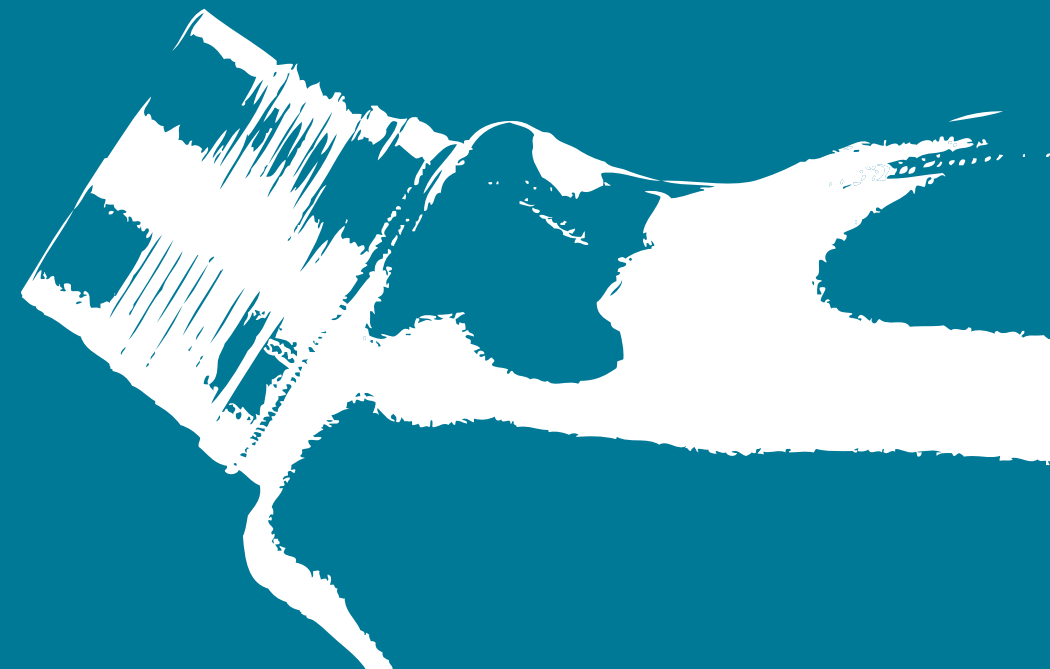
Under svejsning fastholder et fiksturemnet under laserstrålen. Fiksturet sikrer, at samlingen altid befinder sig præcis i laserens brændpunkt, og har ofte integreret forsyning med beskyttelsesgas.

### LASERSVEJSEROBOT

Lasersvejsning kræver automatisering: En enkel og yderst fleksibel metode til automatisering er ved hjælp af en svejserobot, som kan manipulere laseren eller emnet under svejsning.

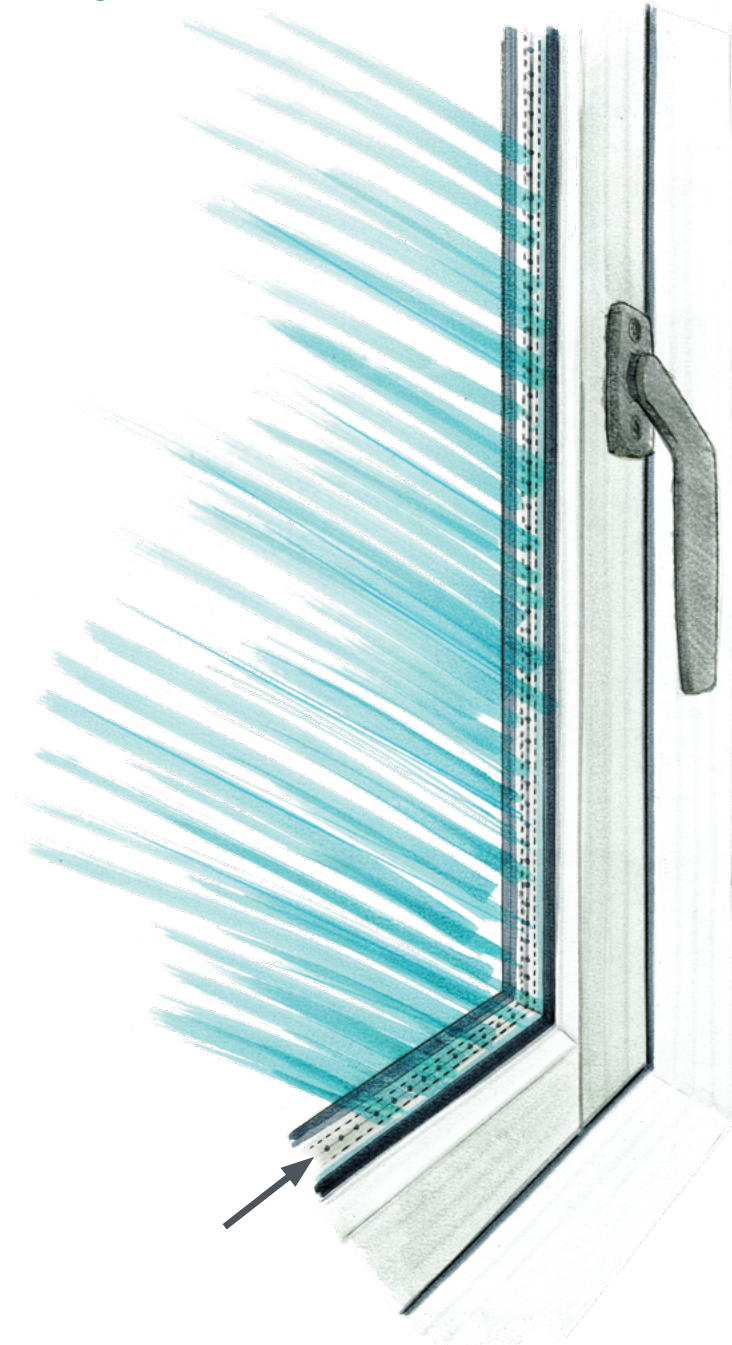
Vi er alle omringet af lasersvejste produkter i hverdagen. Barberkrabere, vinduer og biler er blot nogle af de få produkter, hvor lasersvejsning anvendes industrielt. Ofte er det i forbrugerproduktet netop meningen, at man ikke skal bemærke svejsningen. Her udmærker lasersvejsning sig ved muligheden for en flot finish, også uden efterbearbejdning. Derudover er processen meget velegnet til masseproduktion pga. den høje svejsehastighed og store reproducerbarhed. Derfor er det lang tid siden, at lasersvejsning kun var aktuelt for eksotiske produkter. I dag anvendes lasersvejsning på linje med alle andre sammenføjningsteknikker.

# 02 LASER- SVEJSNINGENS UDBREDELSE





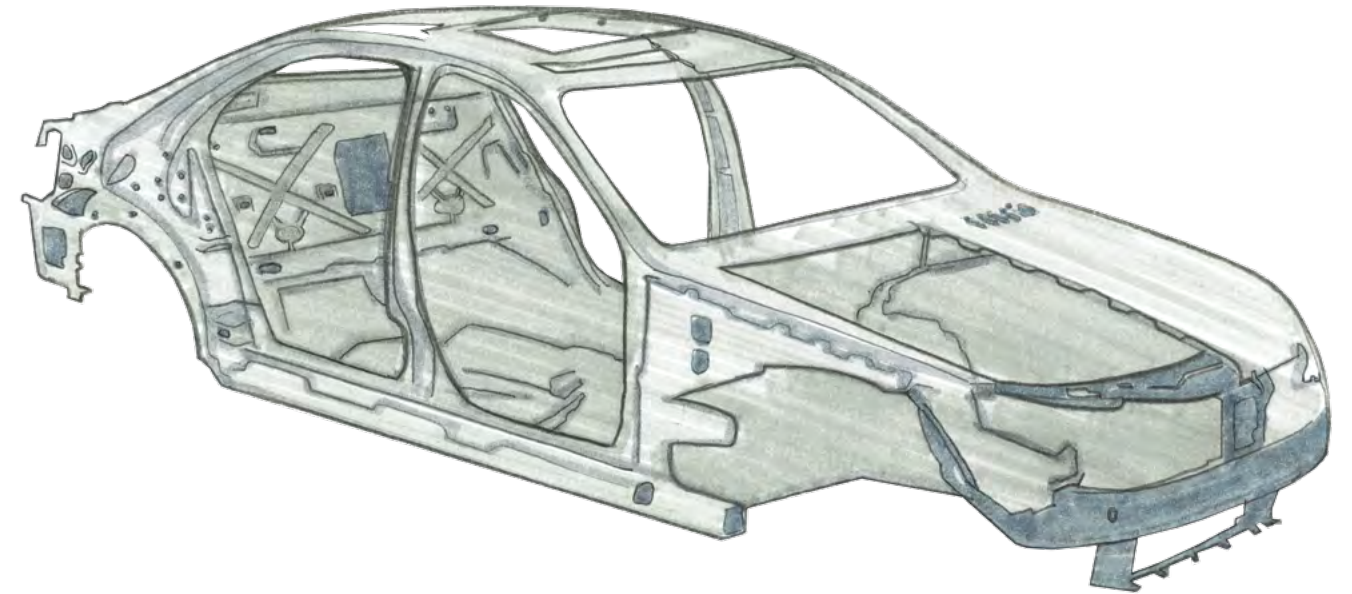
## SVEJSNINGENS UDBREDELSE



### TERMORUDE

Den allestedsnærværende termorude er et eksempel på lasersvejsningens udbredelse. Termorudens aluminiumslister svejses som laser-punktsvejsninger med adskillige meter i minuttet.

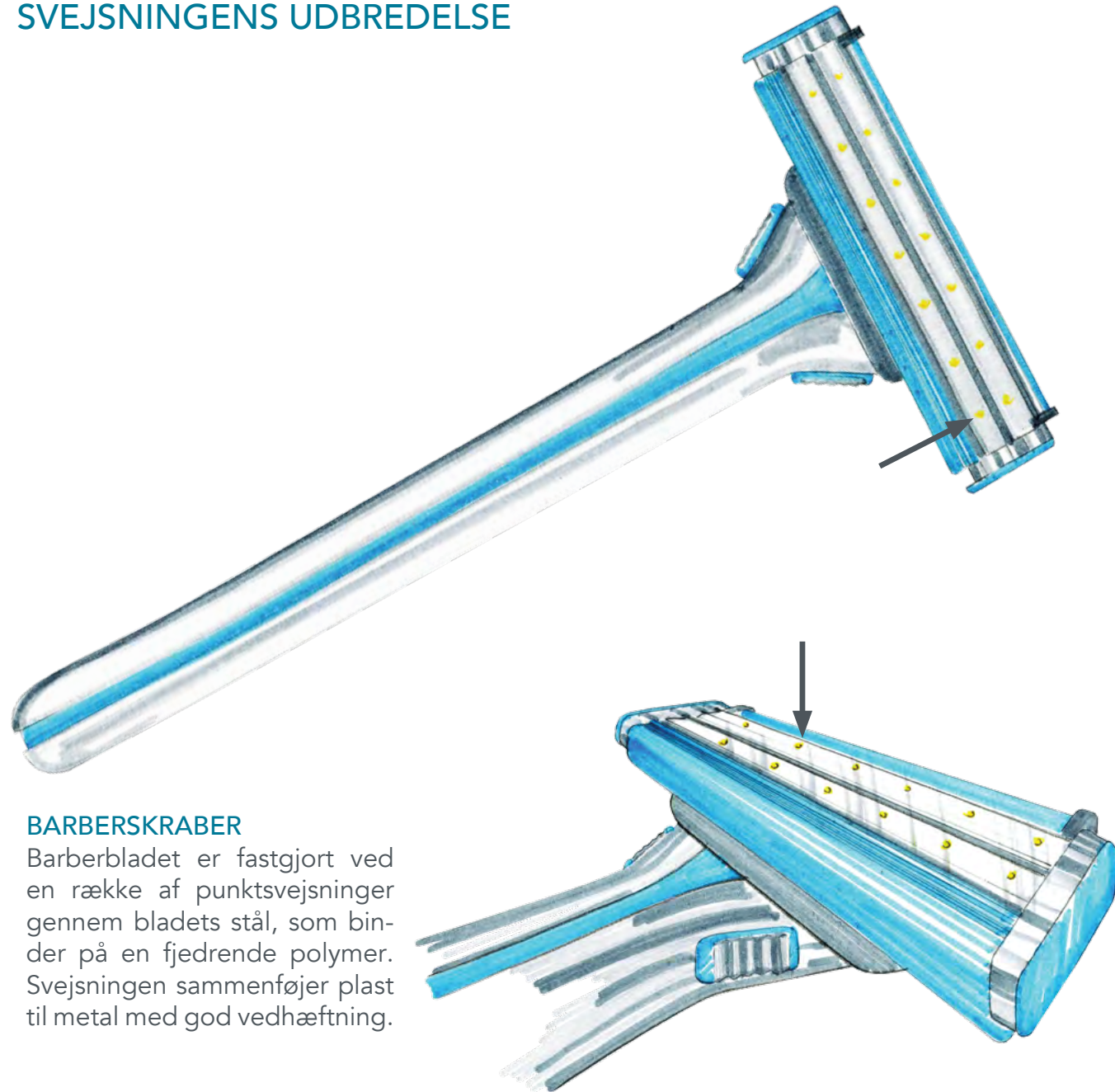
## SVEJSNINGENS UDBREDELSE



### BILKAROSSERI

Karrosseridele til biler svejses i stigende grad med lasere. En af fordelene er, at svejsningerne ikke behøver at skjules. Samtidigt muliggøres avancerede pladegeometrier, som ikke kan formgives uden samlinger.

## SVEJSNINGENS UDBREDELSE



### BARBERSKRABER

Barberbladet er fastgjort ved en række af punktsvejsninger gennem bladets stål, som binder på en fjedrende polymer. Svejsningen sammenføjer plast til metal med god vedhæftning.

## SVEJSNINGENS UDBREDELSE



### BILNØGLE

Svejsning af moderne bilnøglers plastkabinetter forekommer i bredt omfang. Termoplastiske materialer kan svejdes med overbevisende overfladekvalitet og beskedne lasereffekter.

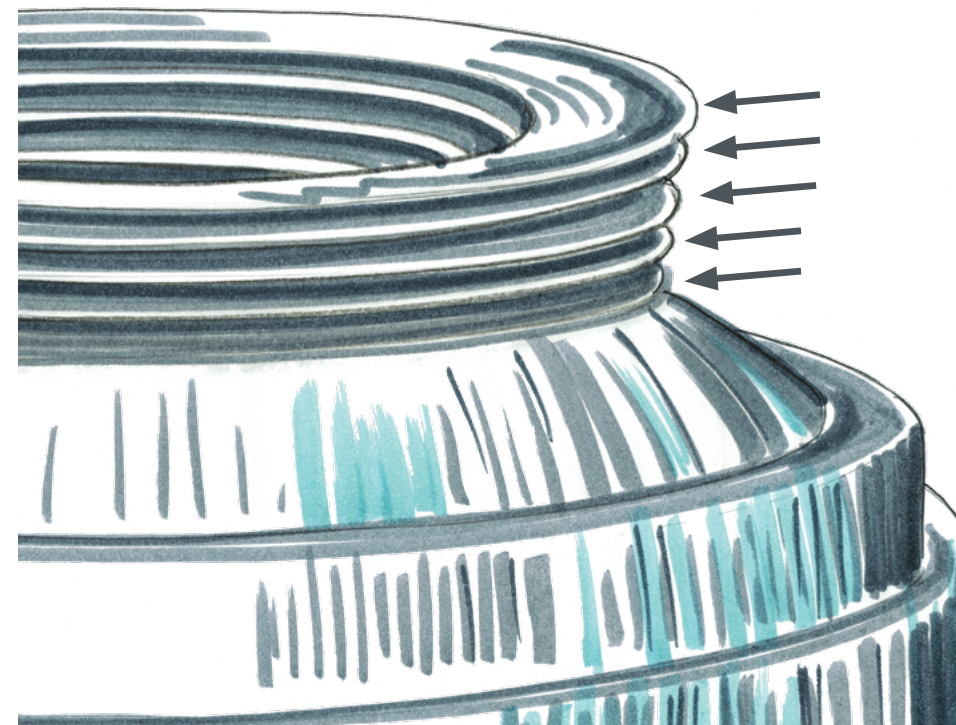
## SVEJSNINGENS UDBREDELSE



### GLASAMPULLER

Selv glas kan lasersvejses. F.eks. kan glasampuller svejses i et kontrolleret miljø, og biologiske eller kemiske reagenser forsegles. Der anvendes en lasertype, for hvilken glasset ikke er transparent.

## SVEJSNINGENS UDBREDELSE



### VAKUUMUDSTYR

I vakuumteknologi stiller nødvendigheden af ultrahøjt vakuum tilsvarende høje krav til svejsningernes kvalitet. Lasersvejsning af tyndvæggede rustfrie bælge sikrer fleksibel og vakuuttæt rørføring.

Anvendelsen af lasersvejsning i mange dagligdags produkter illustrerer processens store spændvidde. Lasersvejsning adskiller sig på denne måde fra mange konventionelle sammenføjningsteknikker, som f.eks. kun kan udføres i bestemte materialer eller som kræver manuel efterbehandling. Disse fordele opnås til dels som en konsekvens af lasersvejsningens begrænsninger, hvor en af de vigtige er, at der skal være fuld kontrol over emnets og laserens positionering. For at opnå det fulde udbytte af lasersvejsningsprocessen er der derfor en række forudsætninger, som designeren skal tænke ind i den tidlige produktudvikling, og som skal overholdes i produktionsprocessen.

# 03

## DESIGN & PRODUKT- UDVIKLING



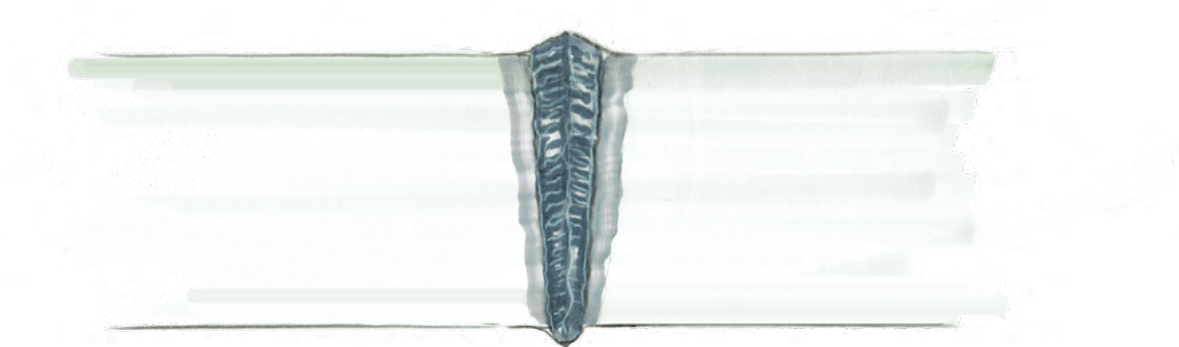
## LASERSVEJSNINGENS FORDELE

Lasersvejste samlinger adskiller sig tydeligt fra traditionelle svejsninger. Laserens ekstreme koncentration af energi i et meget lille punkt, medfører i sig selv flere åbenlyse fordele, som f.eks. dyb indtrængning. Samtidigt opnås kvalitetsmæssige fordele ikke alene via laseren men også som følge af den automatiserede proces. Fordelene ved lasersvejsning er blandt andet:

### FORDELE

- Høj og ensartet kvalitet
- Høj svejsehastighed
- Lavt varmeinput
- Dyb indtrængning
- Minimal termisk deformation af emnet
- Minimal eller ingen efterbearbejdning
- Ingen elektrisk eller magnetisk indvirkning
- Smal varmepåvirket zone (HAZ)
- Anvendelig på mange materialer

## FUGEGEOMETRI



Lasersvejsning



Konventionel svejsning

Almindelig lysbuesvejsning resulterer i trækspændinger, som kan forårsage en uønsket deformation af det svejste emne. Spændingerne og den resulterende deformation opstår, når det varmepåvirkede materiale trækker sig sammen efter svejsningen. Denne deformation er langt mindre ved lasersvejsning, da det varmepåvirkede volumen er stærkt reduceret

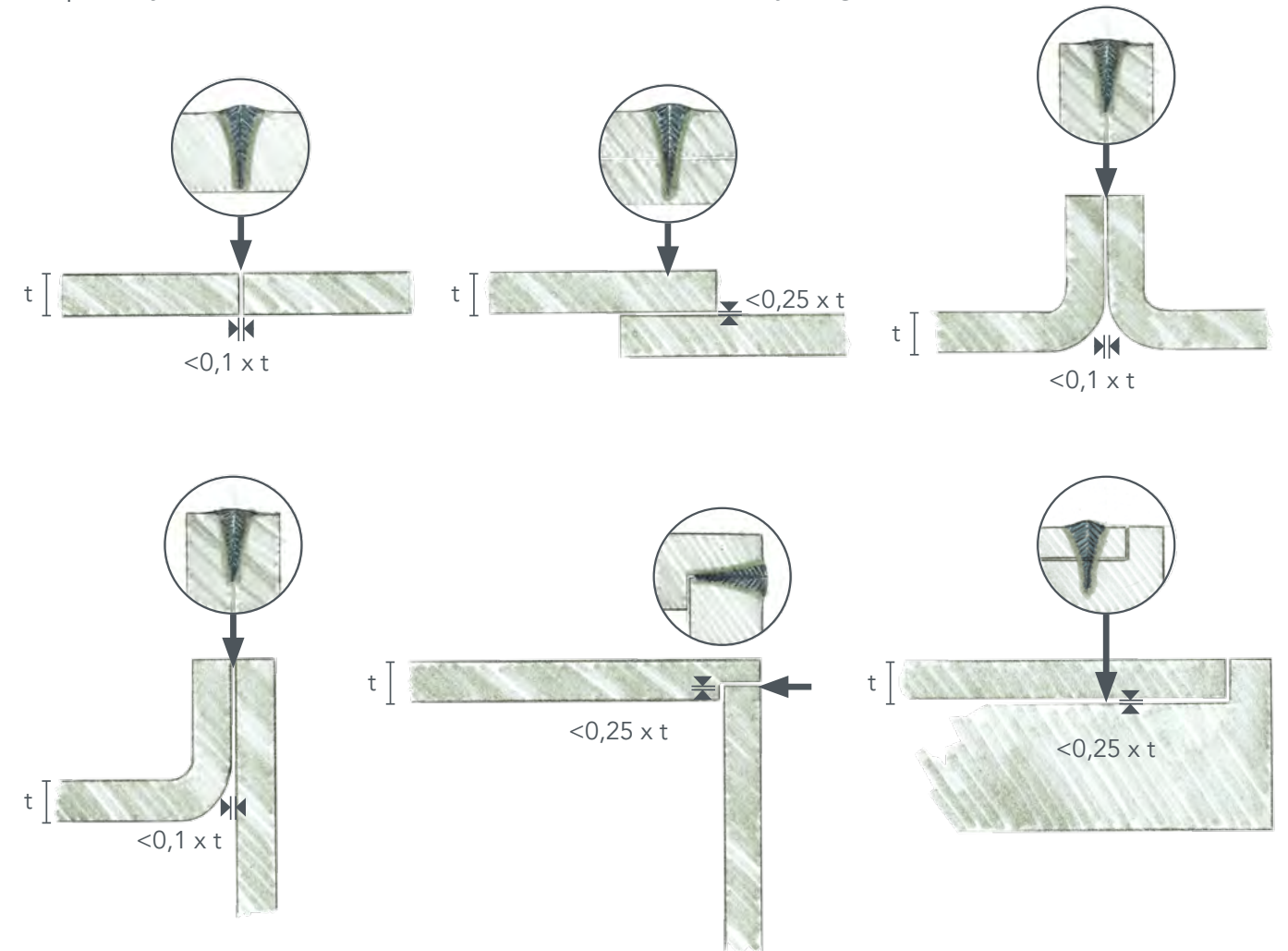
## DESIGN GUIDELINE



“There is no such thing as a free lunch”. Lasersvejsning åbner mange muligheder, men fordelene høstes kun med den rette forberedelse. Laseren passerer uhindret igennem selv meget små spalter, og det stiller krav til forberedelsen af samlingerne. Typisk kræves bearbejdede, laserskårne flader eller lette prespasninger mellem emnerne.

## DESIGN GUIDELINE

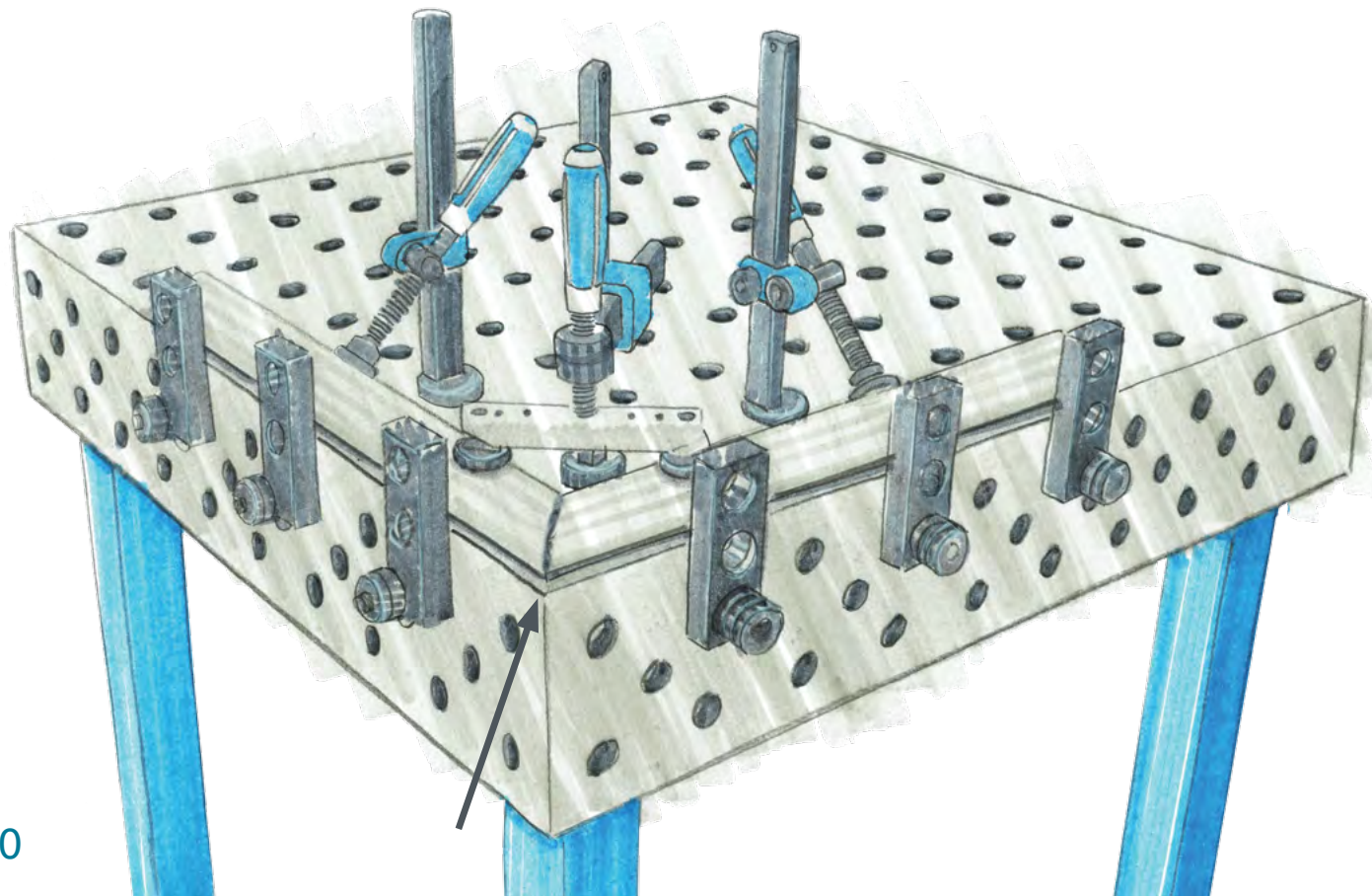
Samlingernes tolerancer er alfa og omega for at opnå gode lasersvejsninger. Er gabet i en I-fuge mellem emnerne for stort, lyser laseren gennem spalten uden at svejse. Er gabet i en overlappssamling for stort, skærer laseren hul i den ene plade og lader smelten dryppe ned på den næste. Ved at overholde en række enkle designkriterier, herunder vist for pladetykkelser under 3 mm, sikres kvaliteten i lasersvejsningen.



Generelt: max. spalte  $s = 0,5 \text{ mm}$   $t = \text{godstykkelse, mm}$

## OPSPÆNDING

Emnerne skal være fikserede, så svejsesfugen kan belyses af laseren, som ofte udgår fra et relativt omfangsrigt hoved for enden af en robotarm. Opspændingen skal sikre, at emnerne er placeret de samme steder hver gang. I praksis anvendes af og til automatiserede systemer som kan kompensere for mindre afvigelser.



## PRODUKTUDVIKLING

Udvikling af nye produkter støder ofte ind i barrierer, som ikke lader sig overstige med konventionelle metoder. Lasersvejsning kan være den 'disruptive technology', som ændrer forudsætningerne, og muliggør det umulige. Men lasersvejsning har naturligvis også begrænsninger, og en række faktorer bør tænkes ind, bl.a.: Er materialerne svejsbare? Er der plads til laserhovedet nær svejsningen?



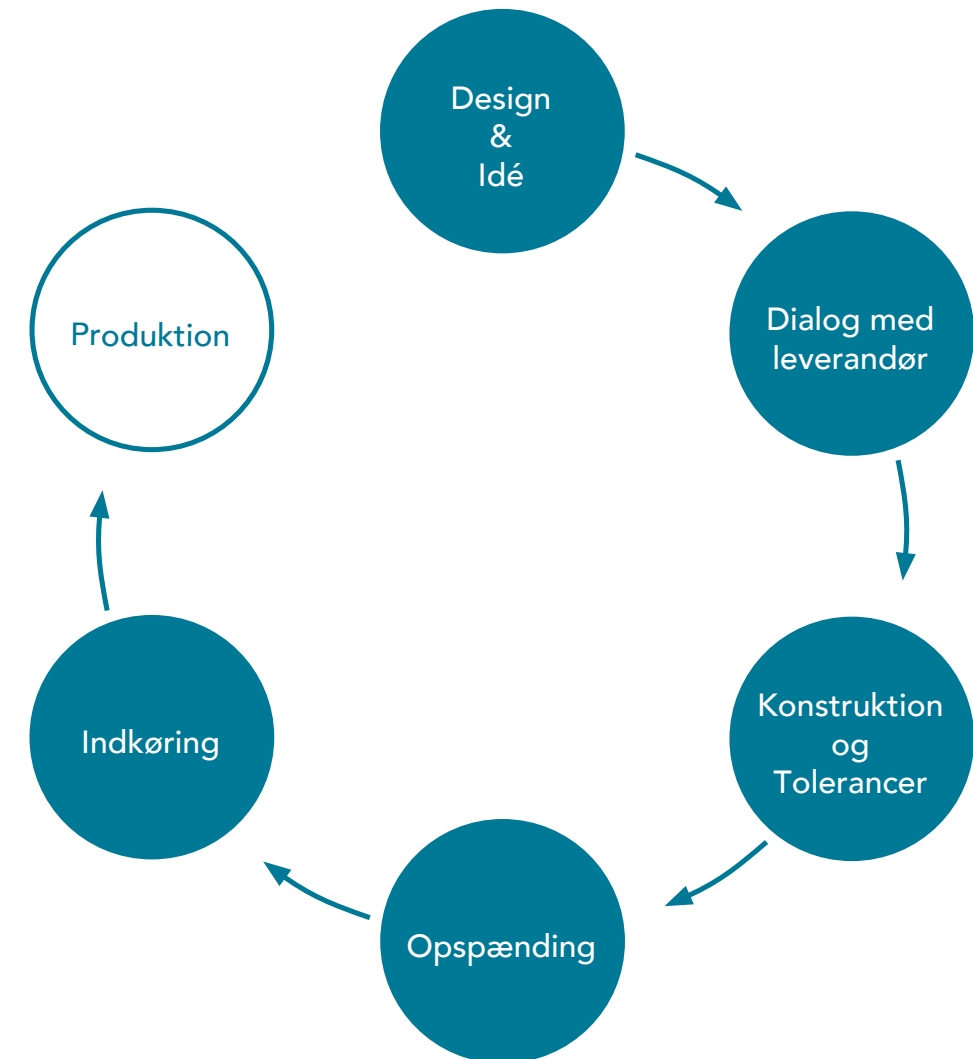
## HVILKE MATERIALER KAN SVEJSES?

Lasersvejsning anvendes ofte ved sammenføjning af forskellige stål- eller aluminiumslegeringer. Men lasersvejsning finder også anvendelse på en række andre metaller og ikke-metaller, ja sågar glas:



## PRODUKTIONSCYKLUS

Ved at overholde forudsætningerne for produktion med lasersvejsning fra den tidlige fase af produktudviklingen til det færdige produkt kan fordelene såsom stor reproducerbarhed og lav fejlrate høstes med færre omkostninger. Det stiller krav til alle led i processen om at være opmærksom på mulighederne og begrænsningerne ved lasersvejsning.

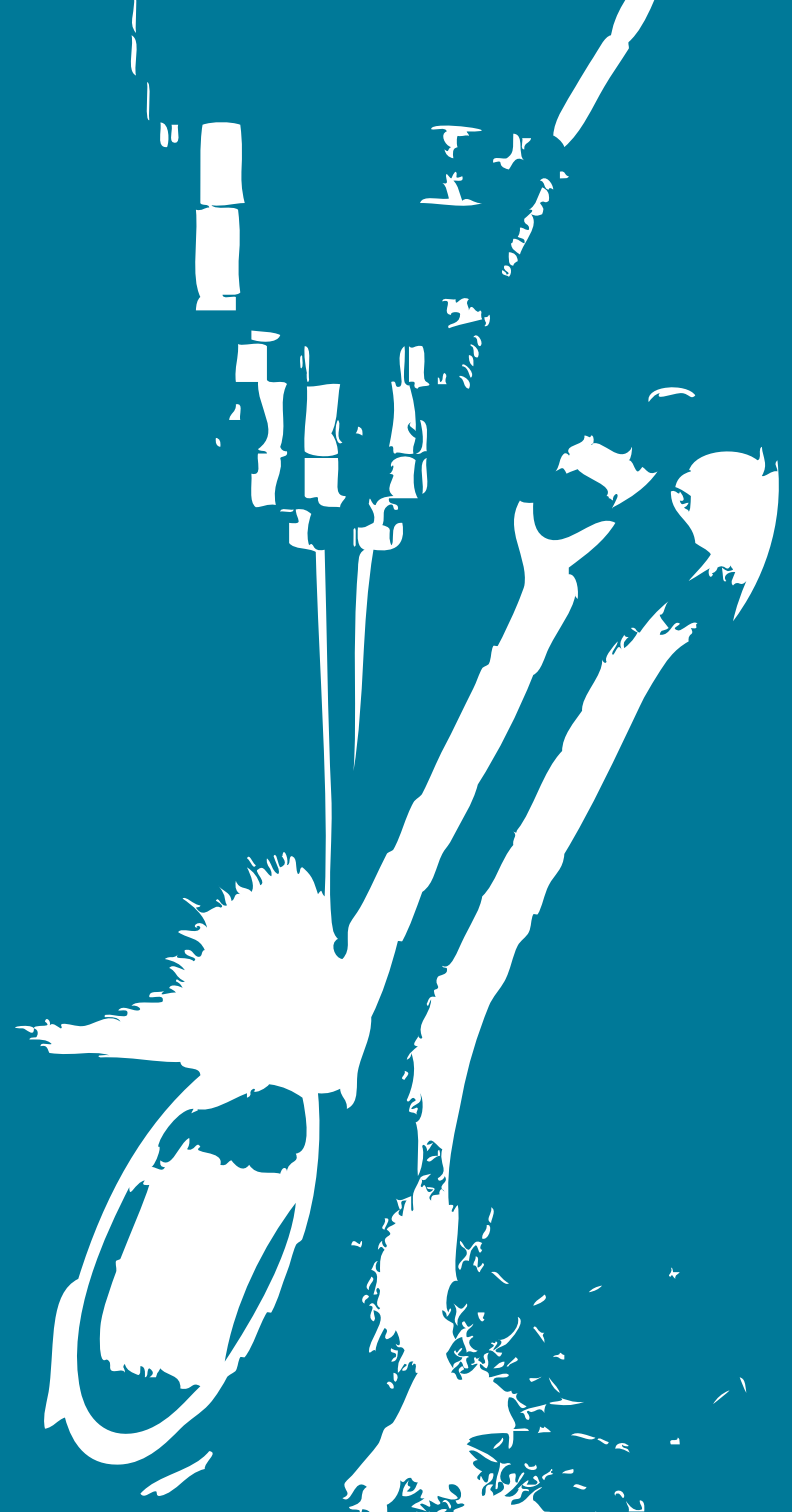




Princippet bag en laser til kirurgisk arbejde og til tykpladesvejsning er den samme. Så ved at variere procesparametrene og sørge for en præcis manipulation af laseren, kan skrøbelige emner svejses lige så let som tykt plademateriale kan. Det handler om styring af laserens intensitet, og om kun at levere energi der, hvor der er behov.

# 04

## SVEJSE TEMAER



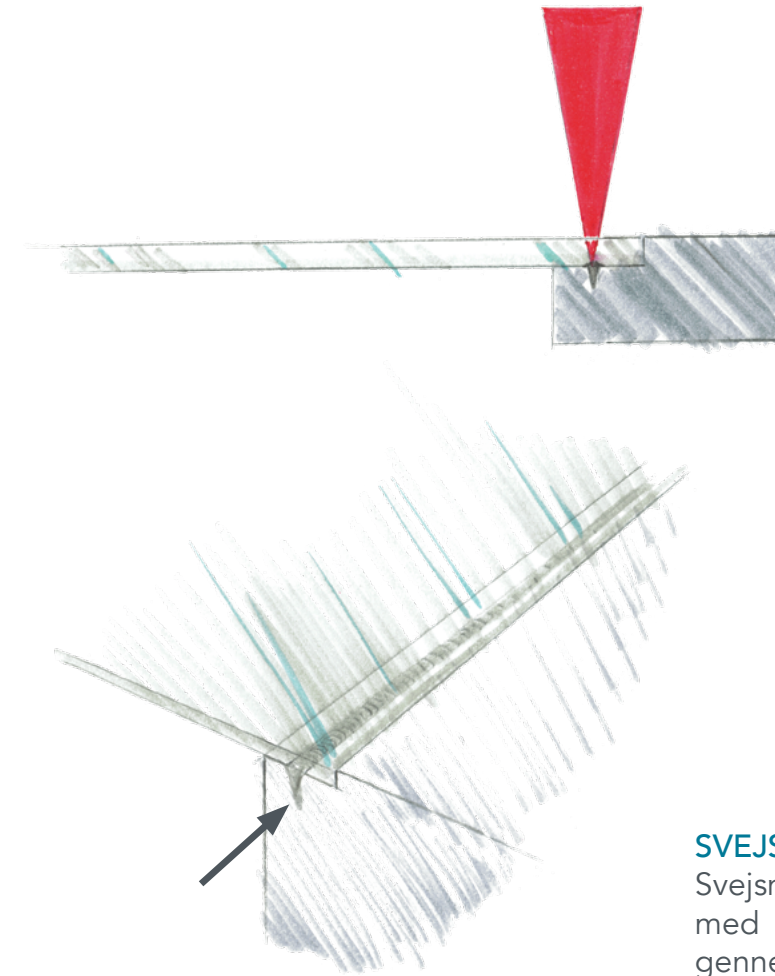
## LAVT ENERGI INPUT

Ved at koncentrere energien lokalt (pletstørrelse typisk 0,1 – 1 mm), kan man nøjes med udelukkende at opvarme selve samlingen. Dette betyder minimalt behov for tilførsel af energi, og dermed minimal opvarmning af emnet. Herved muliggøres svejsning af meget tynde eller varmefølsomme emner, uden gennembrænding eller termisk deformation. Mulighederne inkluderer:

### HIGHLIGHTS

- Ingen eller begrænset deformation
- Tyndplade (0,01 mm - ...)
- Varmefølsomme emner
- Hærdede emner (f.eks. tandhjul)
- Plast

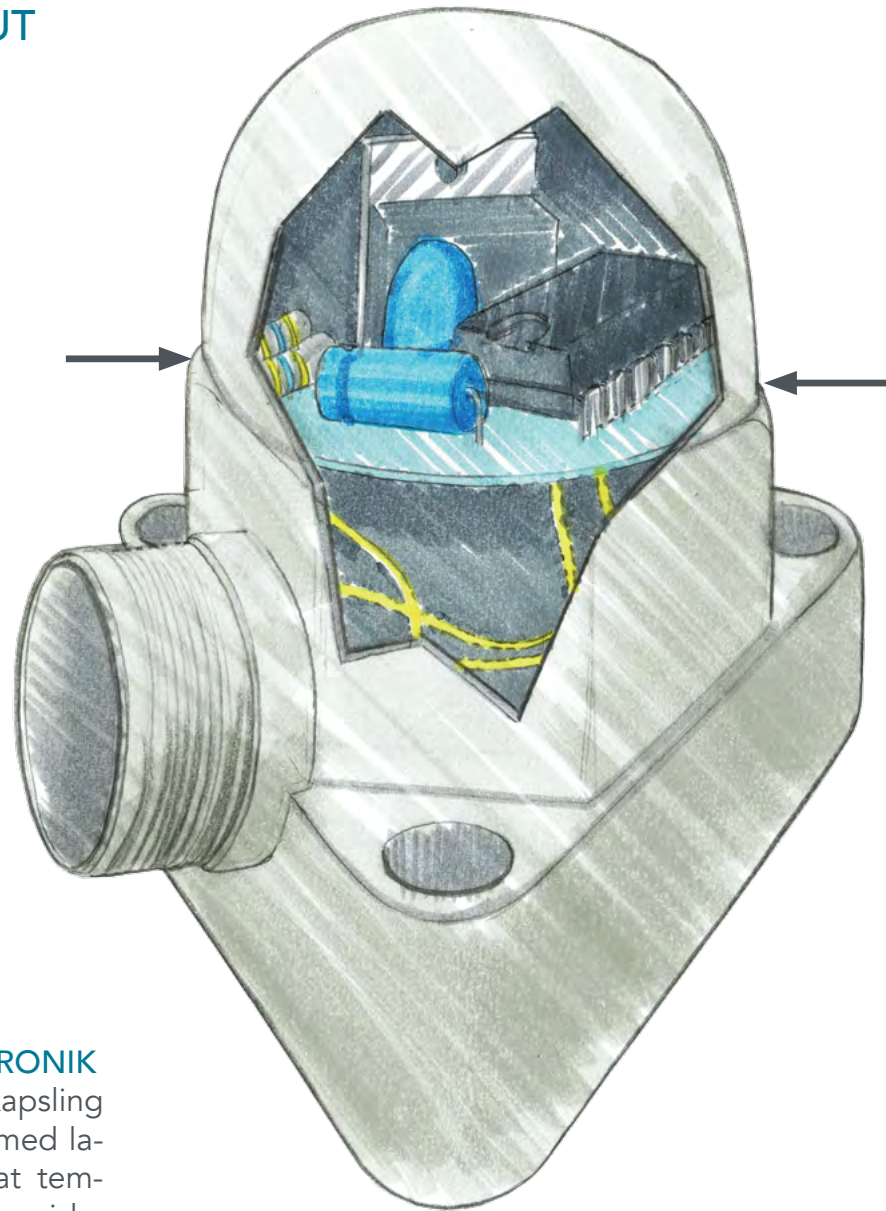
## LAVT ENERGI INPUT



### SVEJSNING GENNEM PLAST

Svejsning af plast kan udføres med laser. Der svejdes ofte gennem en transparent del af emnet, hvorved den underliggende, ugenomsigtige del opvarmes og svejsning opnås.

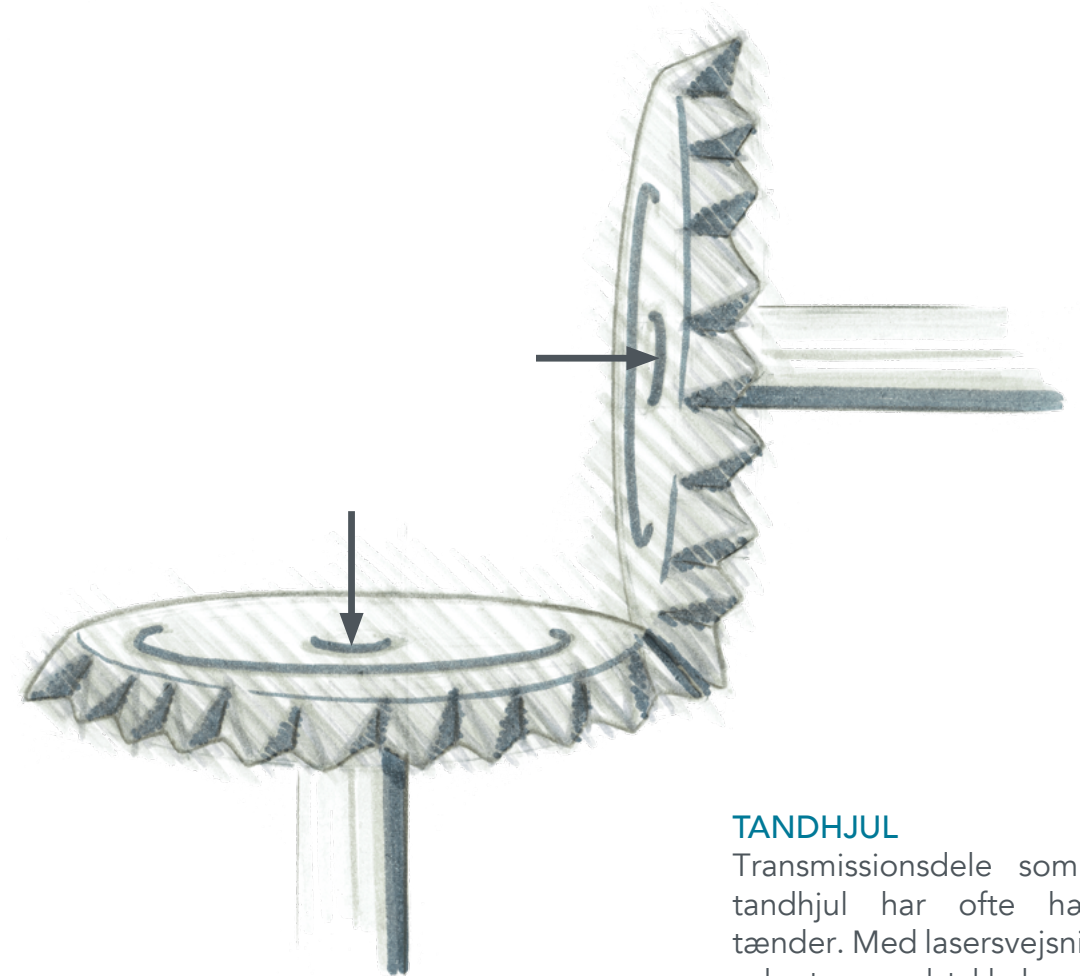
## LAVT ENERGI INPUT



### INDKAPSLING AF ELEKTRONIK

Gas- eller vandtæt indkapsling af elektronik kan udføres med lasersvejsning, som sikrer at temperaturen på de elektroniske komponenter ikke overstiger de 85°C, som elektronikken tåler.

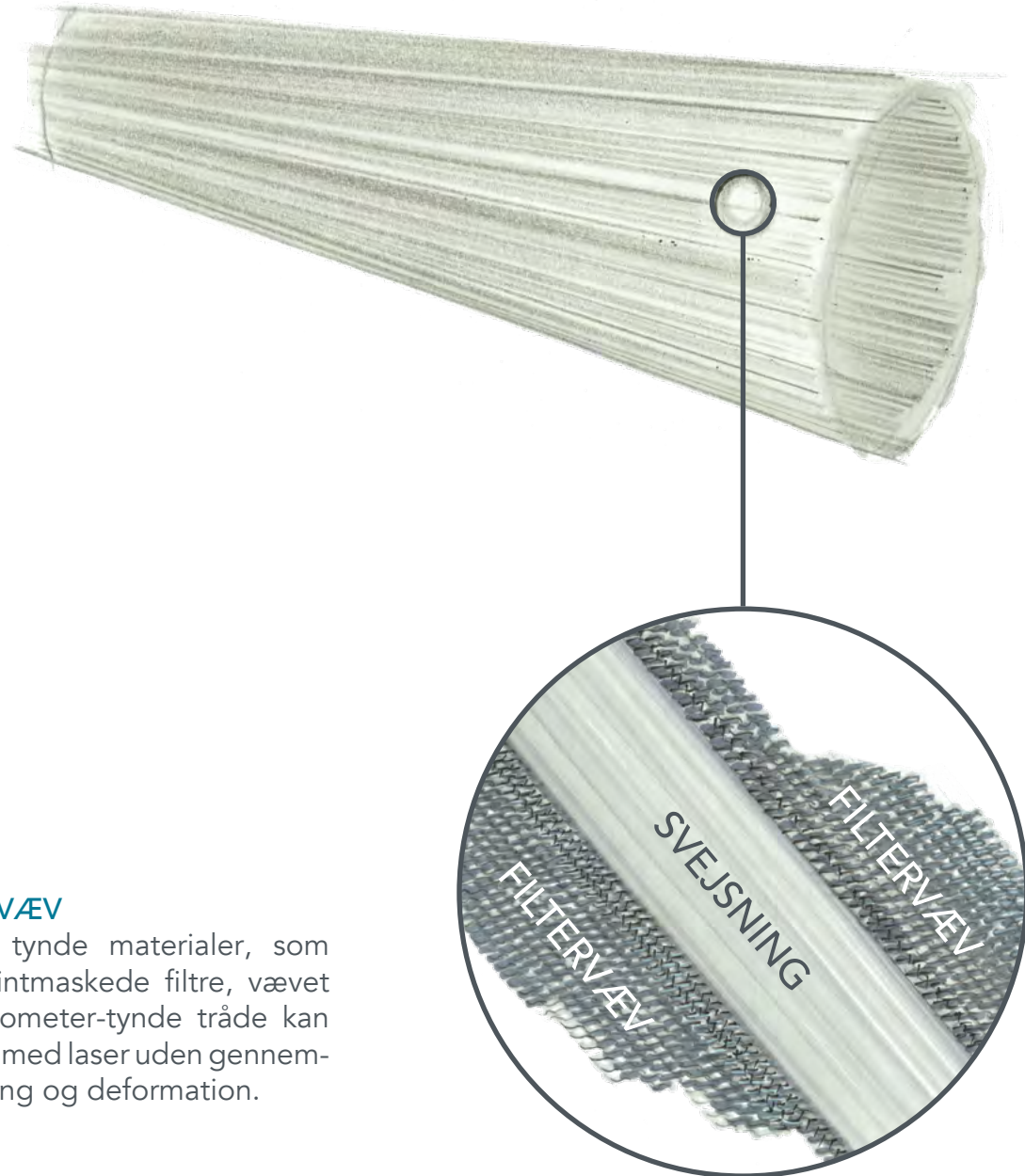
## LAVT ENERGI INPUT



### TANDHJUL

Transmissionsdele som f.eks. tandhjul har ofte hærkede tænder. Med lasersvejsning kan selv store godstykkelser svejses uden opvarmning af tænderne og dermed ødelæggelse af hærdeningen.

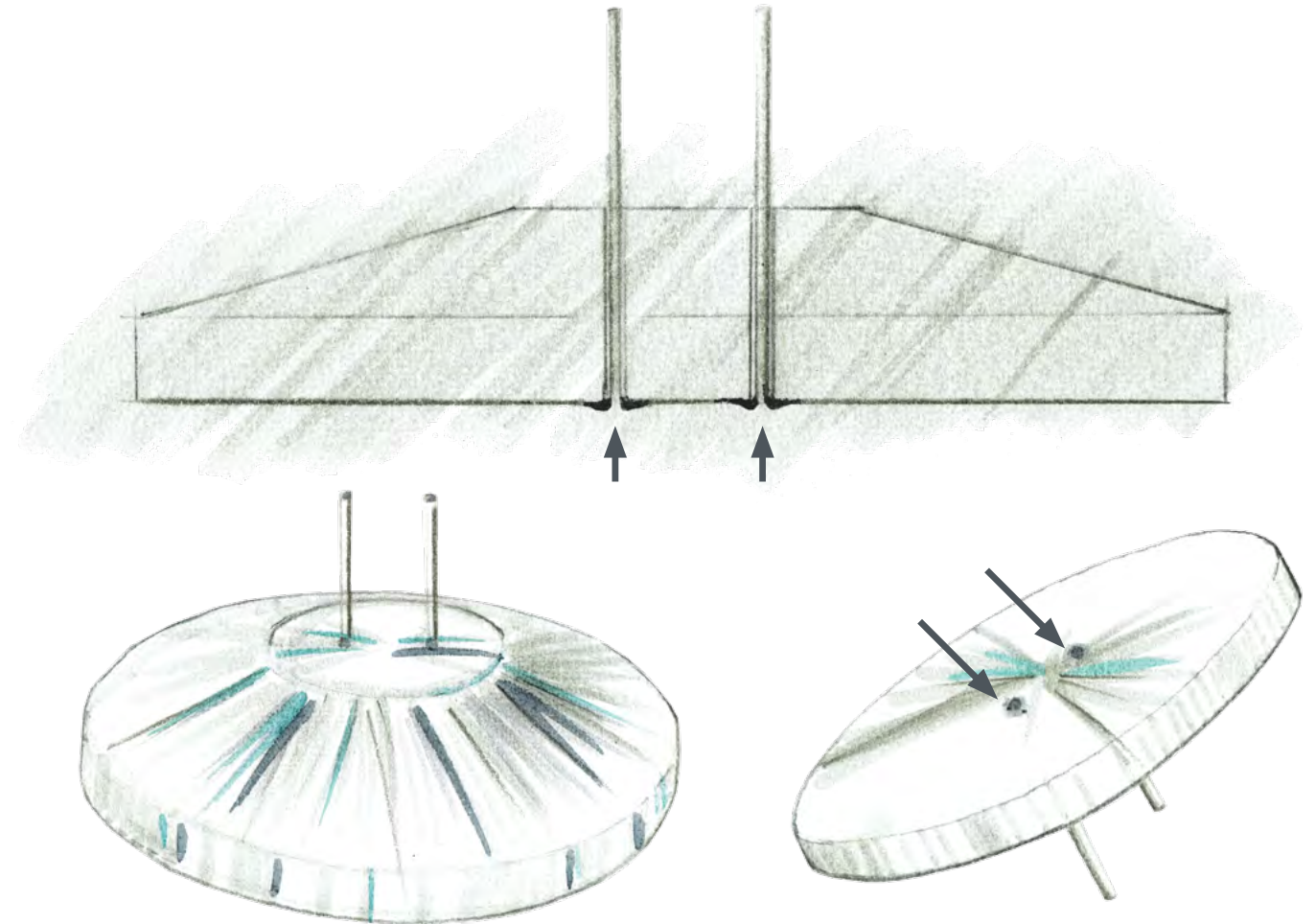
## LAVT ENERGI INPUT



### FILTERVÆV

Meget tynde materialer, som f.eks. fintmaskede filtre, vævet af mikrometer-tynde tråde kan svejses med laser uden gennembrænding og deformation.

## LAVT ENERGI INPUT



### FLANGE MED KANYLE

Svejsning af tyndvægget gods som eksempelvis millimeter-tynde kanylerør kan udføres med laser, uden at rørets lysning ødelægges. Eksempel: Prøvedtag til procesindustri.

## HØJT ENERGI INPUT

Dyb indtrængning - Kraftigt gods op til 30 mm kan svejdes med flere meter pr. minut. Koncentrationen af laserens energi i en plet med en typisk diameter på 0,1 – 1 mm medfører energitætheder på adskillige MW/cm<sup>2</sup>, og dette muliggør ekstremt dybe og smalle svejsninger. Resultatet er smalle svejsninger med minimalt sprøjt og høj kvalitet, som ikke kræver efterbearbejdning.

### HIGHLIGHTS

- Dyb indtrængning (op til ca. 30 mm)
- Høj svejsehastighed
- Høj og ensartet kvalitet
- Minimal deformation
- Lidt eller ingen efterbearbejdning

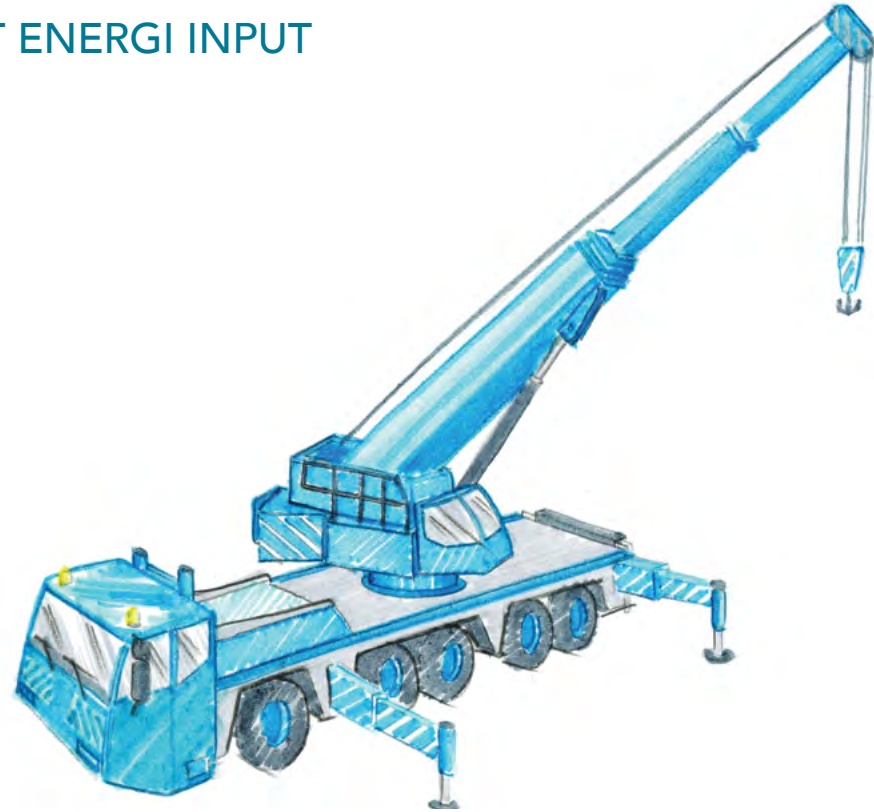
## HØJT ENERGI INPUT



### ENTREPRENØRMASKINER

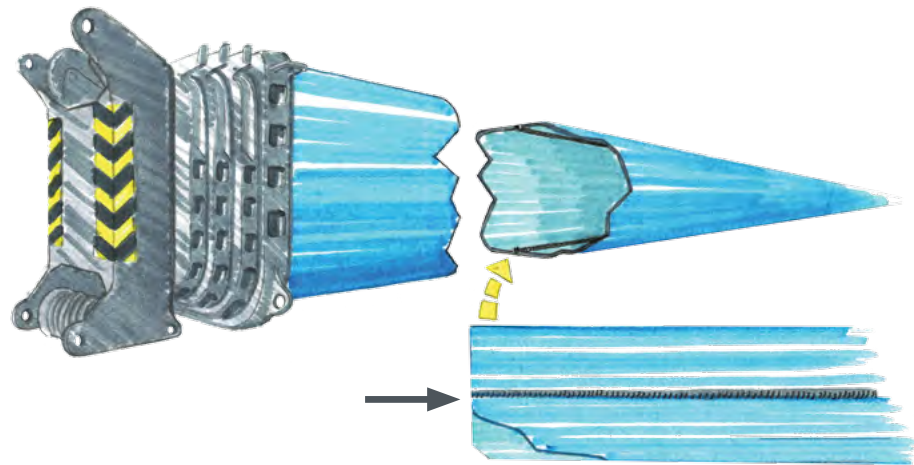
Entreprenørmaskiner er store, kraftige maskiner i kraftigt gods og med mange bevægelige dele. Enkeltdeler lasersvejses for at opnå ensartet klar-til-maling kvalitet og undgå deformation.

## HØJT ENERGI INPUT

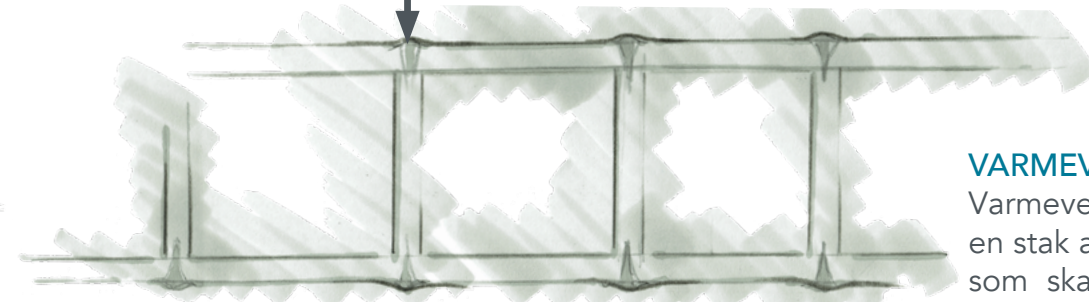
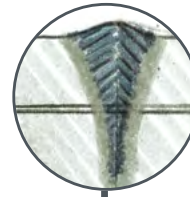
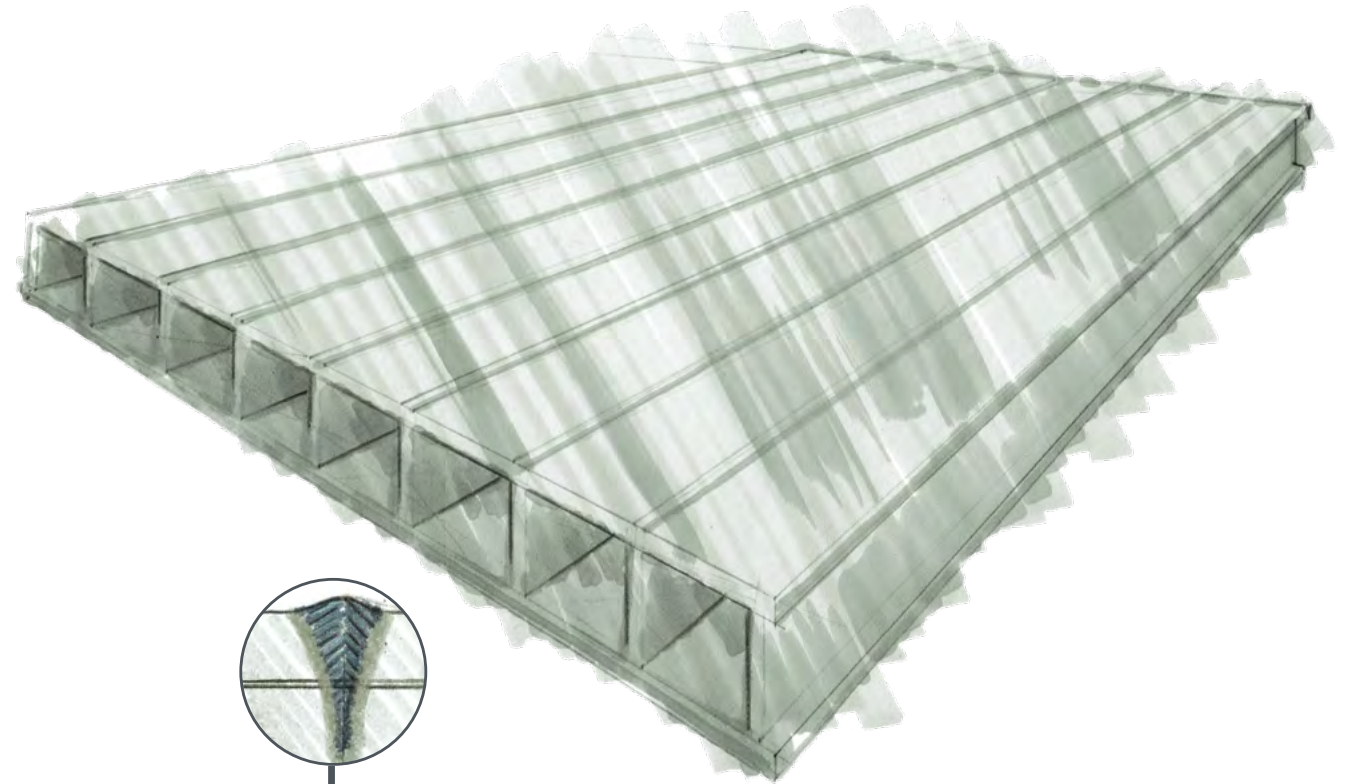


### MOBILKRAN

Armen på mobilkraner udføres i højstyrkestål i halvsvære godstykkelser. Lasersvejsningen sikrer fejlfri kvalitet og høj produktionsrate med minimal deformation.



## HØJT ENERGI INPUT



### VARMEVEKSLER

Varmevekslere samles ofte af en stak af mange, tynde plader, som skal holde to medier på væske- eller gasform adskilte. Lasersvejsning tillader lækagetæt svejsning gennem adskillige lag samtidigt.

## ENSARTET KVALITET

Når parametrene for en lasersvejsning først er fastlagt, vil resultatet være det samme hver gang. Det sikrer en høj og ensartet kvalitet, som gør lasersvejsning egnet til følsomme komponenter, som ikke må fejle. Disse karakteristika kombineret med lasersvejsningens høje produktionsrate gør desuden lasersvejsning meget velegnet til masseproduktion i kraft af:

### HIGHLIGHTS

- Få produktionsfejl
- Ensartet finish af svejsning
- Egnet til fuldt automatiseret produktion
- Høj pålidelighed af slutprodukt.

## ENSARTET KVALITET



### AIRBAGVENTIL

Når uheldet er ude, og airbaggen udløses, skal dens gas-cylinder fungere. Her tolereres ingen fejl over ppm-niveau. Lasersvejsningens ekstremt ensartede og høje kvalitet sikrer dette.

05

PERSPEKTIVER  
FOR LASER-  
SVEJSNING



## OPSUMMERING

Lasersvejsning er en alsidig og fleksibel sammenføjningsproces med mange anvendelsesmuligheder. Det er en robotiseret proces, som er anvendt i mange forskellige produkter hvor høj kvalitet, ensartethed og produktionsvolumen spiller ind. Lasersvejsprocessen, som i øvrigt kan kombineres med andre fremstillingsprocesser, udmærker sig bl.a. ved:

### HIGHLIGHTS

- "Line of sight" proces – det som kan tilgås kan svejses
- Giver koncentreret varme i et lille svejseområde
- Svejser meget hurtigt
- Svejser meget ensartet
- Sammenføjning af mange forskellige materialer
- Svejser i tykke såvel som tynde materialer
- Produktets design skal imødekomme svejsprocessen
- Velegnet til serie eller batch produktion

## FORECASTING

Store virksomheder med serieproduktion har i mange år benyttet sig af laserprocesser, som uden tvivl har haft indflydelse på deres succes. Og nu er turen kommet til de små og mellemstore virksomheder. Nogle har allerede indført det i egen produktion, mens få sigter på at servicere andre med specialviden og processer. Det skyldes, at laserteknologi stadig er forbundet med en større investering, som ikke nødvendigvis er rentabel for små fremstillingsserier. Men det udelukker ikke det rette procesvalg, da laser-processen kan købes som ekstern ydelse. Og dermed kan design og produkt sikres.

Laserteknologi er ikke længere science fiction. Det er et tilgængeligt produktionsredskab – som vinder mere indpas!



GOD FORNØJELSE

