

Akademiet for de tekniske Videnskaber
SVEJSECENTRALEN



Elektronstrålesvejsning

af

F. Rasmussen

ELEKTRONSTRÅLESVEJSNING

	side
1. Indledning	1
2. Proces	2
3. Udstyr	3
4. Parametre	4
5. Forarbejdning	7
6. Anvendelsesområder	10
7. Fremtidig udvikling og andre anvendelsesområder.	10
Referencer	11

EB-SVEJSNING (Electron Beam Welding)

1. Indledning

Elektronstrålesvejsning er blandt de nyere svejseprocesser, som er ved at vinde indpas i næsten alle industrigrene hvor en samling af materialer foretages. I Danmark er der endnu kun eet anlæg, som Svejscentralen er i besiddelse af.

1.1 Historie

EB-svejsning blev første gang observeret af K.H. Steigerwald fra Sydtyske Laboratorier i forbindelse med arbejde angående oscillografi ved høje frekvenser. Dette var i 1949, men ingen tog sig dengang observationerne alvorligt. Senere udtog laboratoriet dog patent på metoden.

Indenfor den nucleare industri foregik samtidig en intensiv forskning for at finde svejsemetoder der kunne svejse materialer som niobium, tantal, zirconium, vanadium, beryllium, molybdæn og wolfram. I midten af 50'erne lykkedes det både for franskmændene og amerikanerne uafhængig af hinanden at udvikle EB-udstyr, og således kom der gang i udvikling af elektronstrålesvejsning til industrielt brug.

I begyndelsen af 60'erne fandt flyindustrien ud af hvilke muligheder EB-svejsning kunne få for dennes udvikling, og endelig i løbet af de sidste 10 år har EB-svejsning også haft sit indtog i den traditionelle maskinindustri, således at arbejdet på de ca. 1500 anlæg der eksisterer verden over, er ligeligt fordelt blandt fly, atom og maskinindustrien.

2. Proces

Frembringelse af elektronstrålen kan i princippet sammenlignes med en oscillograf eller en TV-skærm. Strålen frembringes og styres i kanonen som vist på fig. 1. Øverst sidder katoden, som normalt er en tråd eller et bånd fremstillet af wolfram.

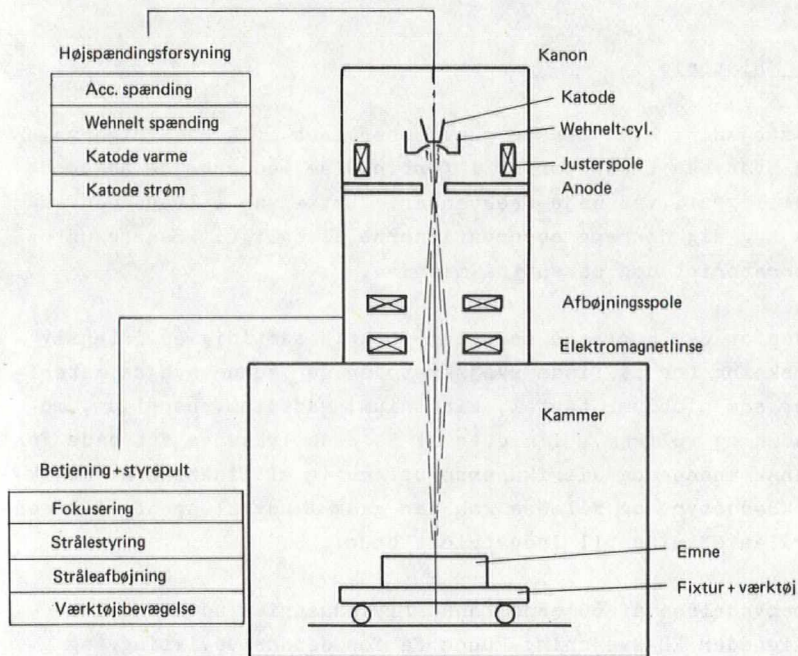


Fig. 1. Skematisk fremstilling af EB-udstyr.

Katoden opvarmes til ca. 2300°C , som er gunstig for emission af elektroner. Katodepotentialer ligger under drift mellem $\div 80 - \div 150\text{KV}$ - accelerationsspænding - overfor anoden der har 0 jordpotentialer. For at regulere mængden

af elektroner - strømstyrke - er der mellem katode og anode anbragt et gitter - wehnelt cylindere -, der har et potentiale der ligger fra 0 - ÷ 2000 V under katodens. Da anoden er hul, vil de af katoden afgivne elektroner fortsætte gennem anoden og videre ned gennem kanonen forbi en afbøjningsspole og elektromagnetisk linse indtil strålen rammer emnet, som ligeledes har 0 potentiale. Accelerationsspændingen er i stand til at give elektronerne en hastighed på op til 75% af lysets, og det er den opnåede bevægelsesenergi, der bliver omdannet til varmeenergi.

$$\frac{1}{2} m_e v_e^2 = Q$$

En nødvendig betingelse for emission af elektroner samt en stråle med høj energitæthed er, at processen foregår i høj-vacuum, d.v.s. at trykket i kanonen skal ligge mellem 1.2 - 12 mPa, i kammer dog op til 1.29 Pa.

Ved hjælp af det i kanonen indbyggede linsesystem kan strålen samles så brændpunktet netop er på materialet, hvilket gør at energiintensiteten kan komme op på 10^2 W/m².

3. Udstyr

Da processen foregår i vacuum kræves et ret omfattende udstyr, både til etablering af vacuum i kammer/kanon og til fixturer. Som det fremgår af fig. 2 findes der tre forskellige typer udstyr, benævnt efter kammer formål.

Kammermaskinen er en universal maskine, der som oftest er enten for stor eller for lille, men trods alt en maskine med mange muligheder, blot stilles der store krav til specialfixturer.

Taktmaskinen er velegnet i massefabrikation, og der kan opnås takttider - tiden mellem 2 svejsninger - helt ned på 3 - 5 sek.

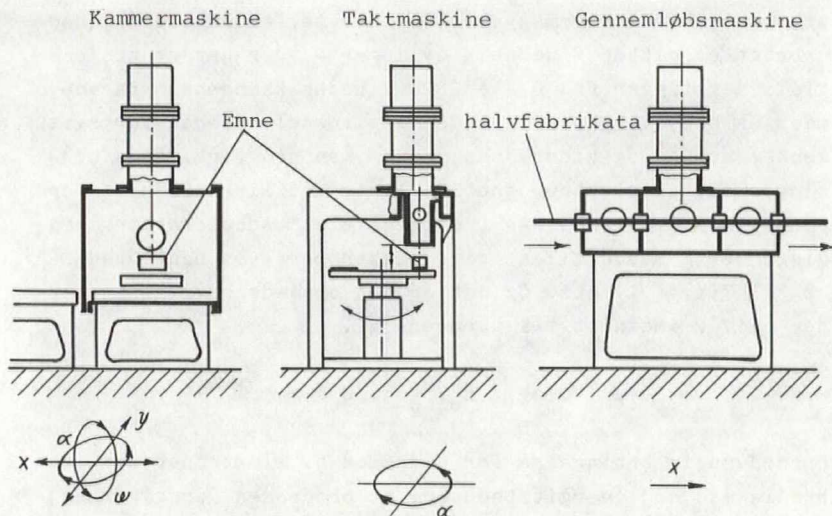


Fig. 2. Forskellige typer EB-svejsedstyr.

Endelig er der gennemløbsmaskinen, der arbejder med for- og efterkammer adskilt fra svejsekammeret. Som navnet siger egner maskinen sig til at svejse halvfabrikata i form af endeløse bånd, f.eks. savklinger.

4. Parametre

EB-svejsning er sammenlignet med andre svejsemetoder en metode med meget ringe varmeinput.

På grund af processens særlige virkemåde - mekanisk påvirkning bliver til varme - er EB-svejsning velegnet til at svejse dybt, og en typisk svejseprofil ses på fig. 4. Særligt skal fremhæves at højde/breddeforholdet er meget stort, f.eks. 25:1 og er således væsentlig forskellig fra de kendte lysbueprocesser.

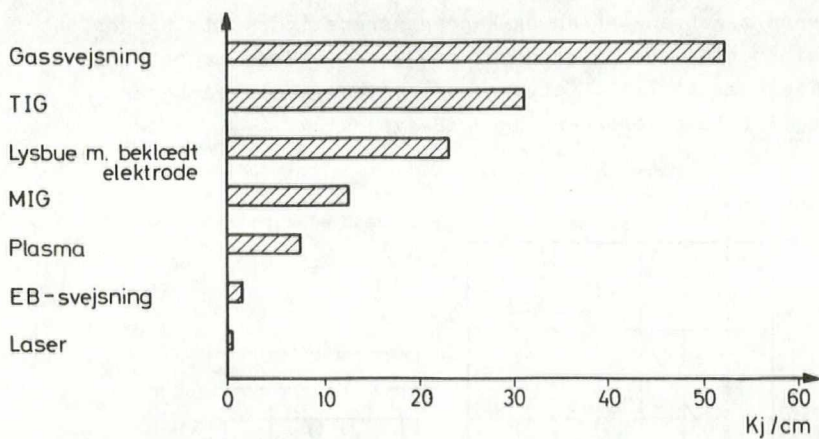


Fig. 3. Nødvendig specifik varmeinput pr. svejst emne i 4 mm tyk stålplade for fuld gennemsvajsning.

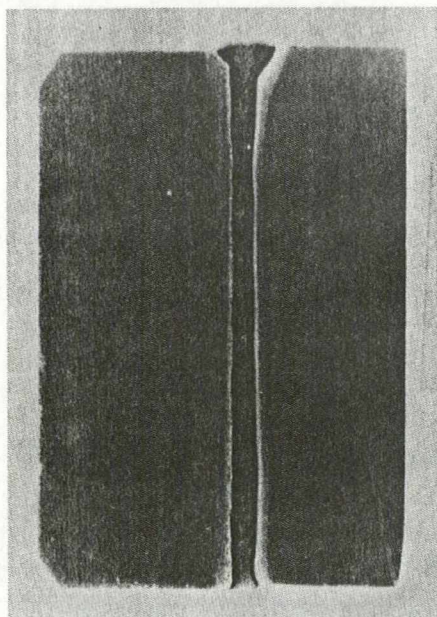
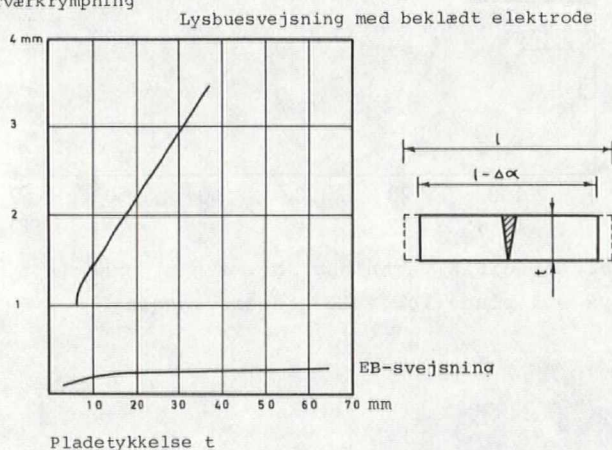


Fig. 4. Typisk EB-svejsning. Højde 25 mm, bredde 12 mm.

Denne meget ensartede og koncentrerede indsmeltning gør, at deformationerne på grund af svejsning bliver meget ringe og oftest er så lille, at emnerne bliver færdigbearbejdet på meget fine tolerancer inden EB-svejsning.

Tværkrympning



Vinkelknæk

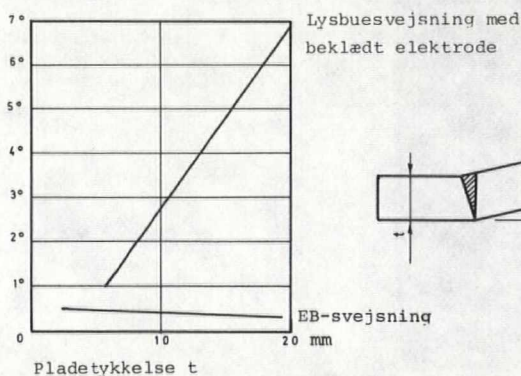


Fig. 5. Tværkrympning og vinkelknæk som funktion af pladetykkelse for henholdsvis lysbue- og EB-svejsning.

Specielt for EB-svejsning styrer man indhængning ved hjælp af accelerationsspænding, normalt liggende mellem 80 - 150 KV, strømstyrke - normalt mellem 0 - 50 mA for udstyr på 7.5 KW og 0 - 500 mA for udstyr på 75 KW, og fokusstrøm. Herudover er der mulighed for at påtrykke strålen en stationær eller oscillerende afbøjning styret af en DC spænding og frekvens generatorer. Styringen af strålens afbøjning har stor betydning for svejsningens kvalitet og profil, f.eks. dannes der meget let porer i den dybe svejsesøm, hvis disse ting ikke anvendes.

5. Forarbejdning.

Ved indførelsen af EB-svejsning stilles der store krav til udgangsmaterialerne. En betingelse for at processen kan forløbe er, at den frembragte elektronstråle bliver bremset og derved afgiver sin energi. Materialekravene deles op i følgende 3 grupper:

Bearbejdning
Tolerancer
Rengøring

Der anvendes normalt intet tilsatsmateriale, hvilket medvirker til, at der stilles krav om god bearbejdning og fine tolerancer. Er disse betingelser ikke opfyldt, vil der ikke være tilstrækkeligt materiale til opfyldning af svejsesøgen samt til nedbremsning af elektronerne.

Bearbejdningssmæssigt kræves en svejseflade med overfladeruhed $R_a < 4 \mu\text{m}$, hvilket svarer til en sletbearbejdning.

For almindelige stumpsømme kræves en god rethed, med en spalteåbning på 0.05 - 0.30 mm afhængig af emnetykkelse, og for runde emner kræves eksempelvis en glidepasning. Disse tolerancer er maksimalværdier, og forventer man et færdig-svejst emne med snævre tolerancer, stilles der strengere krav til tolerancerne inden svejsningen.

Tolerancer og bearbejdning er dog ikke alt - der kræves også rensning af emnerne. Generelt set er det tilstrækkeligt at emnet ikke indeholder glødeskaller, olie, fedt m.v.. Det er specielt nødvendigt med en grundig rensning i og omkring svejsefugen - og det er både med hensyn til støv, salte fra berøring samt fedt. Den almindeligste anvendte fremgangsmåde er et flertrins ultralydanlæg med damptørring (vædske f.eks. flourerende kulbrinter) eller et dampaffedtningsanlæg (tri) kombineret med alkalist rensning og ultralyd. Har rensningen ikke været effektiv, vil der under svejsningen ske opkogning, poredannelse m.v.

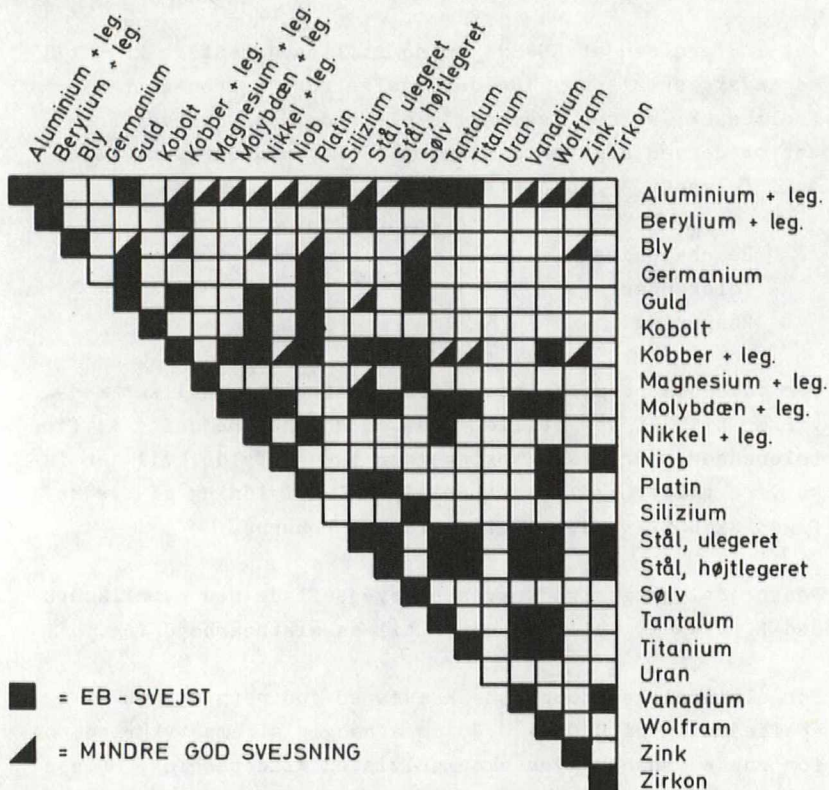


Fig. 6. Mulige materialekombinationer med EB-svejsning.

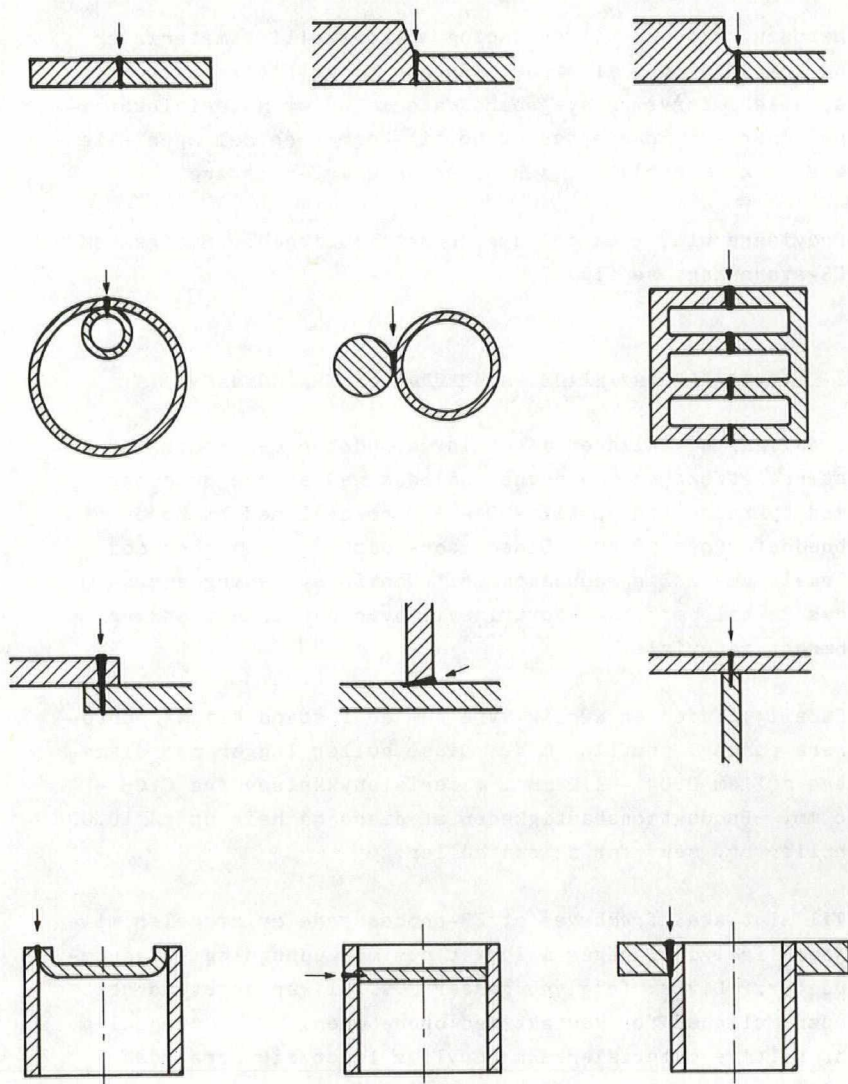


Fig. 7. Eksempler på forskellige typer sammenføjninger.

6. Anvendelsesområder

Metoden anvendes til svejsning af forskellige materialer og kombinationer af disse. En god tommelfingerregel siger, at alle i forvejen svejsbare materialer og materialekombinationer kan EB-svejses og hertil kommer en del specielle eksotiske materialer, der eller ikke er svejsbare.

Endvidere bliver en del nye geometrimuligheder mulige ved EB-svejsning, se fig. 7.

7. Fremtidig udvikling og anvendelsesmuligheder

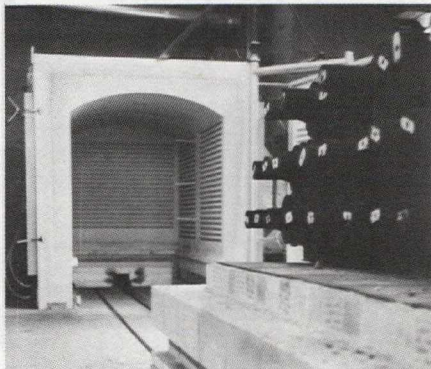
I dag går udviklingen i retning af udstyr med større og større effekt og man regner således med at svejse emner med tykkelser på op til 300 - 350 mm stål med et højde/breddeforhold på 40. Disse store udstyr kombineres med lokalt bevægelig vacuumkammer. Udovър svejsning anvendes EB til hærkning, fortrinsvis hvor der lokalt ønskes hærdet materiale.

Endelig findes en særlig type som er i stand til at perforere plader, profiler m.v. Disse huller ligger med diameter mellem 0.04 - 1.2 mm i materialetykkelse fra 0.05 - 8 mm. Produktionshastigheden af disse må helt op på 10.000 huller pr. sek. for de små huller.

Til slut skal fremhæves at EB-processerne er særdeles miljøvenlige, de foregår i lukket rum med udsugning - vacuum-udstyr. D.v.s. frigivne gasser m.v. bliver suget ud helt uden mulighed for kontakt med operatøren. Selv svejsning af giftige materialer som beryllium lader sig gøre uden miljøproblemer.

Referencer.

1. Burns, T.E.,
Applications of electron Beam Welding.
Metal Construction, June 1975.
2. Rasmussen, F.,
Elektronstrålesvejsning - en avanceret svejseteknologi.
Svejsning, december 1975.
3. Rasmussen, F.,
EB-svejsning i dansk industri.
SVC-publikation, nr. 77.01.
4. Meleka, A.M.,
Electron Beam Welding.
McGraw-Hill 1971.
5. IVF-Resultat.
Elektronstråelsvetsning - metodik och
användningsområder
IVF 72610, Mars 1972.



OVNE TIL:

- VARMEBEHANDLING
AF
JERN OG METAL
- HÆRDNING
- UDGLØDNING
- SPECIAL-LØDNING
- SMELTNING

TEMPERATUR: 150⁰-1500⁰
FOR **GAS** ELLER **EL**

ØNSKES EN ØKONOMISK LØSNING
PÅ DERES PROBLEM SA TAL MED

 **SCANDIA·
OVNEN AS**

LYNGBYOVNEN AS
Rypevang 6
DK-3450 Allerød
Danmark
Giro 9 20 32 30
Tlf. (03) 27 40 04 *