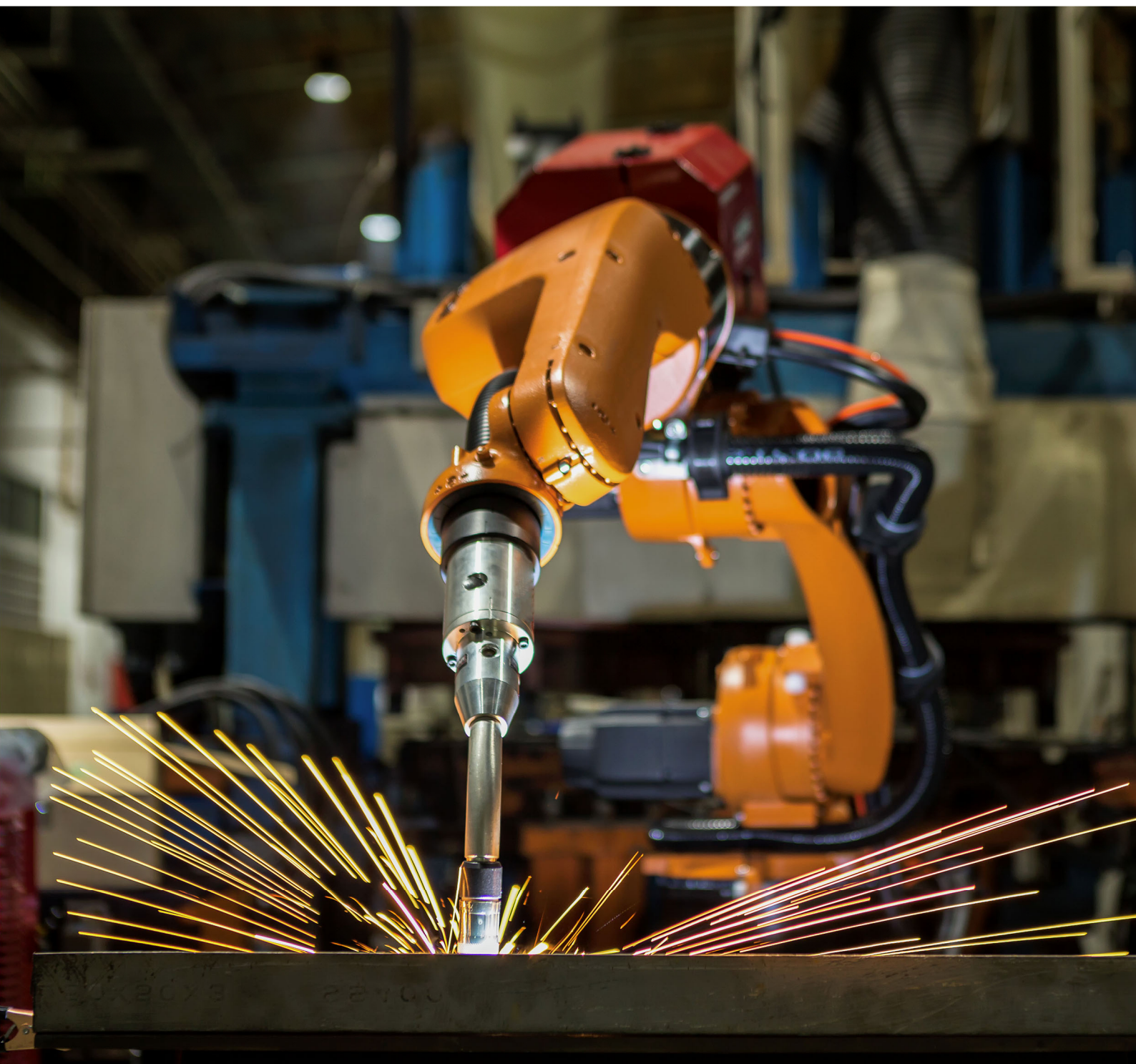


Analyse af behov for nye AMU-kurser vedrørende betjening af svejseroboter



Indholdsfortegnelse

Indledning	3
Metodeovervejelser.....	3
1. Teknologiuudviklingen inden for robotsvejsning.	4
1.1. Grundlæggende om svejserobotter	4
1.1.1. Robotsvejsning som lysbuesvejsning	5
1.1.2. Programmering af svejserobotten	6
1.1.3. Fiksturer og manipulatorer.....	7
1.2. Eksempler på svejserobotinstallationer.....	8
1.3. Særligt fleksible svejserobotter	10
2. Virksomhedernes uddannelsesbehov.....	11
2.1. Variationen i uddannelsesbehovene	12
2.2. Profiler inden for robotsvejsning.....	14
2.2.1. Operatør på svejserobotanlæg.....	14
2.2.2. Robotsvejsespecialist	15
2.3. Udviklingen i uddannelsesbehovene.....	16
2.4. Opsamling og konklusioner på analysearbejdet	18
3. Udspil til nye uddannelsestiltag inden for robotsvejsning	19
3.1. Nye teknologier og transformativ læring.....	19
3.2. Operatør inden for robotsvejsning	21
3.3. Robotsvejsespecialist	21
3.4. Om udbuddet af robotsvejskurser	23
4. Afsluttende bemærkninger	24

Indledning

Formålet med denne analyse er at afdække industriens behov for udvikling af medarbejdernes kompetencer i forhold til betjening, daglig vedligeholdelse og programmering af svejserobotter. Analysen skal medvirke til at skabe et grundlag for, at Efteruddannelsesudvalget for Svejsning og Fyringsteknik kan sikre et relevant udbud af AMU kurser inden for robotsvejsning og dermed understøtte industriens bestræbelser på at sikre konkurrenceevnen igennem stigende anvendelse af automatiseret svejsning. Analysearbejdet er gennemført af Svend Jensen, ERA – Erhvervspædagogisk Rådgivning i samarbejde med chefkonsulent Lars Ahm fra Industriens Uddannelser. Følgende virksomheder har deltaget i analysearbejdet:

Migatronic Automation, Aabybro
DanRobotics, Middelfart
Hosta Industries, Hjallerup
Metafix, Hadsund

Hardi International, Nørre Alslev
Sjørring Maskinfabrik, Sjørring
KK-Metal, Snedsted
JPBC, Rødkærsbro

Ud over besøg og interviews i ovenstående 10 udvalgte virksomheder bygger analysearbejdet på en workshop med en

rækker skoler, der gennemfører efteruddannelse inden for svejsning. ERA har desuden drøftet analysens resultater og foreløbige konklusioner med Udviklingsudvalget for Svejsning og Fyringsteknik på udvalgmødet den 7. juni 2018 hos Rybners i Esbjerg. Endelig har ERA givet et kort oplæg på svejssekonferencen i uge 26 om analysens konklusioner.

Metodeovervejelser

Der er tale om en mindre analyse, der specifikt er rettet mod robotsvejsning og de uddannelsesbehov, som opstår hos faglærte og ufaglærte i denne forbindelse. I nogle virksomheder optræder der en tydelig operatørprofil, som varetager driftsopgaver i forbindelse med robotsvejsningen. Operatører kan være faglærte fx industrioperatører eller ufaglærte med uddannelse via AMU-kurser.

Faglærte smede vil ofte varetage mere komplekse opgaver fx programmering, opstilling og indkøring af svejserobotten. Der er dog også andre faglærte inden for jern- og metalområdet, som arbejder med robotsvejsning i de besøgte virksomheder.

Virksomhedspopulationen er sammensat ud fra et ønske om at få belyst uddannelsesbehovene bredt set i forhold til fx delbrancher, geografi og virksomhedsstørrelse. I virksomhedspopulationen indgår Migatronic Automation og DanRobotics som to leverandører af udstyr til robotsvejsning. Formålet med dette er at få et bredere perspektiv på teknologiudviklingen og anvendelsen af svejserobotter i virksomhederne. Derudover samarbejder begge leverandører også med skolerne om indførelse af robotsvejsning i erhvervsuddannelserne og AMU.

Virksomhedsinterviewene er gennemført som kvalitative interviews og optaget på en digitalrecorder. Efter en indledende telefonsamtale og bekræftende mail er det virksomhederne, der selv udvælger de personer, der skal interviewes. Typisk er der interviewet en teknisk leder med indsigt i robotsvejsning. I forbindelse med en rundgang i produktionen er der også gennemført samtaler med de medarbejdere,

som varetager den praktiske robotsvejsning. Citater fra interviews og samtaler er anonymiseret i rapporten med henvisning til ønsker fra flere interviewpersoner.

Forud for virksomhedsbesøgene er der gennemført en desk research bl.a. med henblik på udvikling analysestrategien og spørgerammen. Desk researchen har desuden handlet om analyse af de forskellige teknologiområder, der karakteriserer robotsvejsning. Desuden er den nuværende målbase under FKB 2750, der er knyttet til robotsvejsning, blevet udsat for nogle indledende vurderinger bl.a. med henblik på overvejelser om indhold og struktur i det aktuelle udbud.

Den gennemførte workshop med skolerne er indholdsmæssigt vinklet ud fra de uddannelsesbehov, der har vist sig i løbet af virksomhedsbesøgene. Lærerkompetencer og skolernes udstyr var vigtige temaer på workshoppen. Dette bliver uddybet senere i rapporten.

1. Teknologiuudviklingen inden for robotsvejsning.

Det er udviklingen fra konventionel, manuel svejsning til robotsvejsning, der er grundlaget for de nye uddannelsesbehovs opståen på svejseområdet i virksomhederne. De kompetencer, som dygtige svejsere er i besiddelse af, rækker ikke til at kunne robotsvejse. Robotsvejsning er ikke en gradvis videreførelse af de kompetencer, man har som manuel svejser. Tværtimod er der på flere områder tale om kompetencemæssige brudflader, der udspringer af, at robotteknologien invaderer svejseområdet i et stadig stigende omfang og fortrænger mere og mere manuel svejsning.

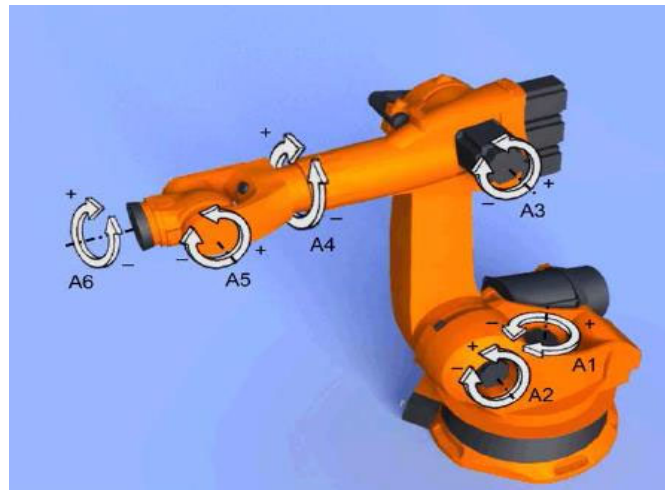
Den nye teknologi kræver, at de manuelle og kropsligt forankrede svejsekompetencer nu gøres abstrakte med henblik på at kunne omsættes i et program til svejserobotten. Denne proces fordrer indsigt og kompetencer af en hel anden type end dem, der karakteriserer manuel svejsning. Flere af de besøgte virksomheder rekrutterer ikke nødvendigvis smede eller svejsere til at arbejde med robotsvejsning. Viden om svejseprocesser og fremgangsmåder er stadig meget vigtig, men det kan fx en robotinteresseret industritekniker eller en mekaniker lære efterfølgende via AMU-kurser uden at skulle kunne svejse manuelt på et højt niveau.

Svejseprocesser er stadig definerende for robotsvejsningen, men kompetenceprofilen skal være meget mere omfattende end den, der kræves for manuel svejsning. Indsigt i fx programmering, fiksturer, manipulatorer og afvikling af hele svejsningens forløb med den bedste kvalitet og på den mest produktive måde er afgørende kompetenceelementer hos robotsvejseren. Det er dermed robotteknologien, der sætter den kompetencemæssige dagsorden, og derfor er det nødvendigt at udrede de vigtigste områder af robotsvejsningen teknologisk som grundlag for at kunne foretage uddannelsesmæssige vurderinger.

1.1. Grundlæggende om svejserobotter

En industrirobot er basalt set en forholdsvis enkel maskine, som er karakteriseret ved stor bevægelighed og fleksibilitet set i forhold til mange forskellige typer af arbejdsopgaver. Robottens bevægelighed

bestemmes ud fra antallet af akser (bevægelige led). En industrirobot har, som vist herunder, typisk 6 akser. Yderlige akser kan tilføjes ved fx at montere robotten på skinner, der kan sikre den en væsentlig større rækkevidde i forbindelse med svejsning på store emner.



Kilde: Robotteknologi grundlæggende. Materialeplatformen

Programmeringen af robotten handler fundamentalt om at styre de bevægelige led, så robotten hele tiden bringes frem til den rigtige position set i lyset af den opgave, der skal udføres. Robottens styreenhed kaldes en controller og den er specifik i forhold til robotfabrikatet. En svejserobot adskiller sig ikke fra fx robotter til håndteringsopgaver bortset fra, at den skal have monteret en svejsemaskine med tilhørende udstyr. Derudover skal robotten kunne tåle det hårde miljø, som svejsningen foregår i. I forbindelse med svejsning generelt skal man være opmærksom på standarden EN1011, og at der er krav til udsugning og skærmning for svejselys. Dette gælder også for robotsvejsning.

1.1.1. Robotsvejsning som lysbuesvejsning

Analysearbejdet fokuserer på robotsvejsning i form af lysbuesvejsning. Lysbuesvejsning er typisk MIG/MAG/TIG eller PLASMA svejsning, hvor der svejses med tilsatsmateriale og beskyttelsesgas. Lysbuesvejsning er velafprøvede og meget anvendte robotapplikationer.

Modstandssvejsning kan imidlertid også udføres af robotter og er en effektiv og billig svejsemetode, der kendes fra bilindustrien. Processen anvendes ofte ved punktsvejsning i tyndplade, hvor der svejses uden tilsatsmateriale. Robotten kan være forsynet med en modstandssvejsetang, som leverer en stor klemkraft. I svejseøjeblikket sendes en stor svejsestrøm i kort tid gennem kobberelektroderne og emnet, der herved sammensvejses på grund af opsmeltningen.

Det er blevet bekræftet igennem virksomhedsbesøgene at der ikke er særlige uddannelsesbehov i forhold til modstandssvejsning med robotter. Kompetencerne i programmering af svejserobotten og op-

bygning af fiksturer svarer til kompetencerne inden for lysbuesvejsning. Derfor ligger fokus på robotsvejsning som lysbuesvejsning i analysearbejdet og i rapporten. Det er derfor nødvendigt kort at udrede, hvordan robotsvejsning adskiller sig fra manuel lysbuesvejsning.

Manuel svejsning foregår med en svejsemaskine. En moderne MIG/MAG svejsemaskine er computerstyret og kan programmeres på mange forskellige måder, fx i forhold til strømstyrke og om der skal svejses med DC (jævnstrøm) eller AC (vekselstrøm) samt med hvilken frekvens. På denne måde får svejsemaskinen mulighed for at svejse i alle typer stål og metal ved valg af svejsetråd, gasart og strømparametre.

Svejsetråden, som tilsættes via en svejsepistol, afsmeltes løbende i en elektrisk lysbue. Det afsmeltede materiale fra elektroden og det opvarmede metal danner et smeltebad, som beskyttes mod den omgivende lufts skadelige virkninger af en gasart, der tilføres via svejsepistolen.

Den indbyggede computerstyring giver desuden mulighed for at styre svejsemaskinen med en robot.

Ved robotsvejsning overtager en svejserobot det manuelle arbejde og dermed sikres langt større præcision og ensartethed i det svejste. Robotsvejsning er normalt 3 til 8 gange hurtigere end manuel svejsning. Svejseemner med lang svejsetid eller som kræver høj præcision er mest hensigtsmæssig at robotsvejse. En svejser skal have en ualmindelig sikker hånd for at opnå den samme kvalitet som en svejserobot.

Robotsvejseapplikationer kan leveres med sensorer for at kompensere for tolerancer. De typisk anvendte er startpunktssensorer (taktile sensorer) og lysbuesensorer (adaptive sensorer). Startpunktssensoren fastlægger emnets position, og lysbuesensoren holder robotten i svejsefugen.

1.1.2. Programmering af svejserobotten

Der findes to måder at programmere en robot på:

Den enkleste er **on-line programmering**, som udføres ved hjælp af et betjeningspanel ved robotten – en såkaldt teach box. Programmeringen foregår ved at fjernstyre robotten rundt langs den bane, man ønsker, den skal følge. Man opbygger robotprogrammet ved at styre robotten hen til en position, som den skal huske som et indlært punkt ud fra et X, Y, Z koordinatsystem på robotten. Man viser den hvor alle positioner er, og i hvilken rækkefølge disse skal eksekveres.

Ulempen ved denne form for programmering er, at den lægger beslag på robotten og dermed øger omstillingstiden betragteligt fra et emne til et andet. Tager en virksomhed mange nye produkter ind, vil der være mange tilretninger af fixturer, manipulatorer og programmering af robotter. Det betyder, at produktionen kan ligge stille en stor procentdel af tiden. Derfor var det også en helt tydelig tendens i virksomhedsbesøgene, at de virksomheder, der i dag arbejder med on-line programmering, hurtigst muligt vil skifte til off-line programmering.

En stor del af de besøgte virksomheder anvendte **offline-programmering**. Offline-programmering af robotter foregår via 3D-software-systemer på en PC-plattform. Programmeringen foregår i en virtuel verden, som ikke involverer en fysisk robot. I et virtuelt miljø har man 3D-modeller af robotter, værktøjer,

emner og omgivelser, og her kan man udvikle og teste robotbevægelser og -programmer. Robotprogrammerne kan efterfølgende kopieres fra den virtuelle verden over til den fysiske robot i forbindelse med eksekvering.

Mens det fysiske robotanlæg fremstiller produkter, kan nye produkter programmeres offline. Det giver hurtigere indkøring af nye produkter og generelt højere produktivitet på et robotanlæg. Anvendelse af importerede 3D-CAD-modeller gør det ofte nemmere at programmere svejseprocesser, da punkter og linjer kan defineres via museklik på emnets geometri.

Derudover kan softwaresystemerne bruges til at simulere og teste kommende robotsvejseløsninger i forhold til udformning, rækkevidde, cyklustider mm., inden de bygges fysisk. På denne måde reduceres risikoen for fejlprojekteringer markant.

I de besøgte virksomheder betoner man stærkt, at den, der udfører offline-programmeringen, skal have en tæt tilknytning til produktionen. Det er ikke nødvendigt, at personen kan svejse noget videre i praksis, men en dyb viden og indsigt i svejsning, materialer, fiksturproblemstillinger m.m. er nødvendig. Den produktionsfaglige indsigt betyder meget i forhold til at kunne reducere indkøringen af svejserobotten til et minimum. Man kan ikke tage højde for alt i offline-programmeringen, men man kan nå meget langt, hvis den, der programmerer, er fortrolig med arbejdet i produktionen. Derfor foretrækker virksomhederne generelt at oplære en medarbejder – typisk en faglært – fra produktionen i offline-programmering.

1.1.3. Fiksturer og manipulatorer

Robotsvejsning kræver præcist fremstillede emner og et såkaldt svejsefikstur, der skal fastholde emnet under svejsningen. På grund af de ekstra omkostninger, der er forbundet med at programmere robotten og fremstille svejsefiksturer, kræver robotsvejsning et vist antal emner, før det økonomisk kan betale sig at anvende denne svejsemetode frem for manuel svejsning.

Herunder vises et fikstur fra fiksturværkstedet hos DanRobotics.



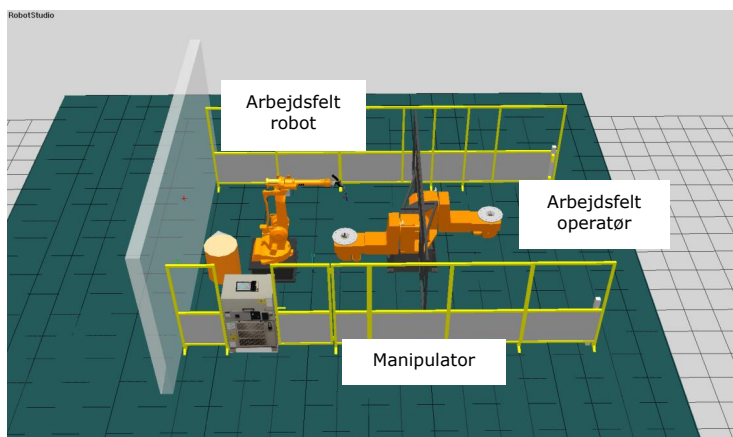
Som det ses på billedet kan fiksturer være meget komplekse afhængig af de emner, der skal fremstilles. Her er der stor variation på tværs af de besøgte virksomheder. Nogle fremstiller selv deres fiksturer og efterspørger i denne forbindelse også kurser inden for dette område. Andre får fremstillet fiksturer af eksterne specialister eller søger konsulenthjælp fra fiksturspecialister. Hosta Industries har fået fremstillet fiksturer hos DanRobotics med en kompleksitet som den, der ses på billedet. Alligevel efterspørger man også her kompetencer i relation til fiksturer, fordi man ofte modificerer og tilpasser fiksturerne til fx nye emnestørrelser. I store produktioner, fx hos Hardi International, har man rigtig mange fiksturer. Hentningen af fiksturer til svejsecellen foregår automatisk med en robotkran fra et fiksturlager.

Fiksturet er typisk fastspændt på en manipulator, der kan dreje fiksturet med emnet, sådan at robotten kan indtage de optimale svejsepositioner. De fleste robotfabrikanter leverer også manipulatorer til robotsvejsning. Hos Sjørring Maskinfabrik og Prodan i Randers arbejder man med rigtig store emner, som kræver meget af manipulatorerne. Prodan kan robotsvejse emner, der er 6m lange og 1,2 m brede og veje op til 10 tons.

Det er forventningen, at manipulatorer i stigende grad vil blive erstattet af håndteringsrobotter. Højbjerg Maskinfabrik har i mange år været teknologisk førende. Her har man et avanceret robotanlæg, som er leveret af Migatronic Automation. Anlægget består af to samarbejdende robotter, der arbejder med koordinerede bevægelser. En håndteringsrobot løfter og roterer kranarme op til 300 kg, så svejse-robotten kan udføre alle svejsninger i den optimale position. Anlægget er udstyret med et automatisk magasinsystem, hvilket gør, at det kan arbejde ubemandet i op til 3 timer mellem dagholds- og nat-holdsskiftet.

1.2. Eksempler på svejserobotinstallationer

Der er en tæt forbindelse mellem de efterspurgte kompetenceprofiler og de svejserobotinstallationer, virksomhederne anvender i produktionen. Her er der nogle afgørende forskelle på større og mindre virksomheder især med henvisning til det styketal, der fremstilles ad gangen. Ved fremstilling af større serier opstår der en egentlig operatørprofil, som varetager driften af svejserobotinstallationen. Dette kan illustreres ved nedenstående eksempel.

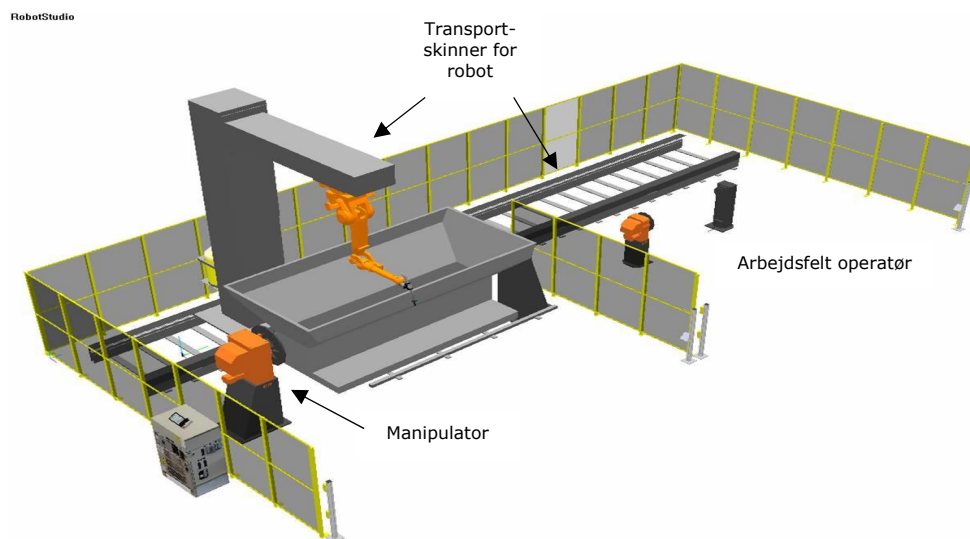


Billedet på foregående side stammer fra ABBs offline-programmeringsværktøj RobotStudio. Man kan på en PC opbygge hele robotinstallationen og udføre selve programmeringen af svejserobotten og inden implementeringen gennemføre en simulering, der sikrer, at programmeringen kan fungere i praksis. På billedet ses hvordan robotens arbejdsområde er adskilt fra operatørens med et hegn. Manipulatoren kan rotere og dreje fiksturet med emnet fra operatørens område ind i robotens arbejdsområde. I den tid robotten svejser på emnet kan operatøren montere et nyt/nye emner på fiksturet og manipulatoren. I nogle tilfælde er robotten væsentlig længere tid om at svejse, end operatøren er om at montere nye emner i fiksturet. Operatøren har i disse tilfælde typisk andre opgaver at varetage i kombination med robotsvejsningen. Som eksempel på dette kan man se følgende video af en udbredt og enkel opstilling med et ukompliceret fikstur fra Kami Stål A/S, hvor operatørens arbejde også ses.

<https://youtu.be/Ak5NJx6wRfU>

Både i videoen og på billedet på foregående side er der tale om mindre emner. Robotten er derfor monteret på en fast sokkel.

Hvis man svejser store emner, skal der en helt anden løsning til, som ofte er kundetilpasset i ganske høj grad. Et eksempel på dette vises herunder.



Ud fra billedet kan man få et indtryk af den variation, der findes i de svejserobotinstallationer, virksomhederne arbejder med. Når emnerne bliver store så skal robotten monteres på skinner, som kan være monteret i gulvet eller i loftet i produktionshallen. Operatørens arbejde med emnerne vil i dette tilfælde kræve løfteværktøjer og kraner for at placere emnet i fiksturet og på manipulatoren. Afskærmningen af robotens arbejdsområde er ikke vist på billedet, men det er helt nødvendigt i praksis.

Sjørring maskinfabrik, der bl.a. fremstiller store skovle til entreprenørmaskiner, har meget avancerede løsninger med hensyn til at håndtere og robotsvejse tunge emner. Prøv at se videoen ud fra følgende

link og læg mærke til den avancerede emnehåndtering og svejsepistolens nulpunktsøgning.

<https://youtu.be/ThLZru3KYPE>

1.3. Særligt fleksible svejserobotter

Mange virksomheder er på jagt efter mobile og fleksible svejseløsninger med henblik på at komme længere i automatisering af svejsningen af håndterlige emner i små styktal. Migatronik har udviklet en løsning med en svejsemaskine og en UR-robot (CoWelder) som ses på billedet herunder.

Programmeringen foregår let og intuitivt, selv for uerfarne operatører. Man kan opbygge et katalog af emner med hver deres tilknyttede program og skifte imellem dem igen og igen i løbet af en arbejdsdag. Det tager kun omkring en halv time at programmere et nyt emne - alt efter kompleksitet. Nogle skoler har også investeret i denne svejserobot.



DanRobotics har udviklet en anden fleksibel og mobil løsning, de kalder CompactWelder, som også sigter på at automatisere svejseopgaver med små seriestørrelser. Her får man samme funktioner og effektivitet, som i de helt store robotsvejseanlæg blot kompakt og mobil. CompactWelder er nem at opstille og sætte i drift. Svejsecellen tilsluttes blot strøm og udsugning, og så kan den sættes i gang med at svejse.



Programmeringen er også enkel og lige til. Selv uden kendskab til robotprogrammering, kan programmeringen af nye emner hurtigt læres. I robotcellen er der en ABB-robot, og det er også muligt at anvende offline-programmering med ABB RobotStudio.

På workshoppen viste det sig at flere skoler har købt en CompactWelder også til anvendelse på efteruddannelse i AMU. Her har det været afgørende, at den kan offline-programmeres med ABB RobotStudio. Skolerne får ABB RobotStudio med i prisen - 100 licenser.

Eleverne kan tegne emnerne i Inventor (3D konstruktionssoftware) og føre det over i RobotStudio og udføre langt den største del af programmeringen her. Samtidig behøver skolen ikke at investere i mange robotter. Man kan simulere de programmerede svejseprocesser og ind imellem afprøve dem i praksis på svejserobotten. Allerede på uddannelsesinstitutionen kan eleven få lært i praksis, hvordan flowet er fra udvikling til robotsvejsningen i produktionen.

Stort set alle besøgte virksomheder overvejer at investere i et fleksibelt robotsvejsudstyr, og en del har kig på CoWelder, fordi de kan anvende UR-robotten til håndtering, når den ikke skal svejse. Problemer med det barske miljø, som svejsningen foregår i, har nogle løst ved at pakke UR-robotten ind i noget, de kalder "skåneærmer". Generelt opleves disse fleksible løsninger som en opfordring til virksomhederne om at udfolde en masse kreativitet i bestræbelse på at komme lidt længere i automatisering af svejsningen.

2. Virksomhedernes uddannelsesbehov

Indholdet i dette kapitel udspringer i det væsentlige af interviewene i de besøgte virksomheder. Interviewpersonerne har typiske været ledere af robotsvejsningen og også medarbejdere, der arbejder med robotsvejsning i det daglige. I alle virksomheder har ERA været på en rundgang i svejseafdelingen, talt med medarbejderne og observeret, hvordan arbejdet foregår samt hvilke teknologiske løsninger, der anvendes.

Generelt har de besøgte virksomheder store rekrutteringsproblemer i forhold til robotsvejsning, men også i forhold til konventionel svejsning. I flere af virksomhederne er en del af medarbejderne i produktionen østeuropæere. Dette gælder især inden for konventionel svejsning. En af de besøgte virksomheder udtrykker det på følgende måde:

Citat: "Inden for automationsområdet generelt kæmper vi om de folk, der findes. Dem, der kan arbejde med robotter, er virkelig eftertragtede, og hvis de så har indsigt i, hvad der sker omkring robotten med kvaliteten af svejsningen, fiksturer og den slags, så er de virkelige gode at få fat i. Derfor er det kolossalt vigtigt at uddanne nogle flere."

Flere fortæller, at manglen på kvalificerede medarbejdere og manglen på nogle gode uddannelsesmuligheder inden for robotsvejsning er en barriere for at udvikle produktionen i retning mod en højere grad af automatisering af svejsningen med robotter. Virksomhederne anvender i nogen grad leverandørkurser, men det rækker ikke til et bredere og mere varigt kompetenceløft.

Citat: "Leverandørkurser er gode nok til det meget mærkespecifikke, men du får ikke dine folk uddannet ordentligt på den måde. Der sker ofte det, når vi skal sætte en ny produktion i gang, så går vi i stå, og så skal vi have hjælp ude fra i stedet for, at vi kunne få uddannet nogle af vore egne folk. Vi skal op på et uddannelsesniveau inden for robotsvejsning sådan, at når vi får en ny opgave, så går vi bare i gang, fordi vi har kompetencerne i huset til at robotsvejse det. Når det er learning by doing af egne folk, og man tager det fortløbende efterhånden, som opgaverne kommer ind, så er det svært at få nogen op på et højt niveau. Vi lærer ud fra det, vi selv kan, og har man ikke fået grundpakken med på den rigtige måde, så får vi ikke den udvikling, vi går efter. Hvis ikke du har grundpakken i orden, så får du heller ikke meget ud af at blive sendt på et leverandørkursus."

Dem, der er hårdest ramt af de manglende uddannelsesmuligheder, er de mindre virksomheder. Virksomheder som Hardi International, Højbjerg maskinfabrik og Sjørring Maskinfabrik har taget sagen i egen hånd og systematiseret uddannelsen i robotsvejsning internt i virksomheden, men efterspørger alligevel kursusforløb i robotsvejsning både til deres operatører og faglærte smede.

Mange små underleverandørvirksomheder har investeret i en eller flere svejserobotter, og det har ikke altid være en positiv oplevelse.

Citat: "Da vi købte den her robot, så var der også kurser med. Vi havde dengang ingen erfaringer med svejserobotter overhovedet. Det, de glemte at fortælle os, det var, at vi havde brug for en erfaren robotsvejser. Vi sendte en medarbejder til Sverige på et kursus i Motosim, men det fik vi stort set intet ud af. Det var en rigtig dårlig oplevelse. Hvis du skal kunne få noget ud af leverandørkurserne, så skal du vide en del om robotsvejsning på forhånd, og her mangler der efteruddannelseskurser. Det bedste der kunne ske for os var, at jeg kunne sende nogle folk hen på en skole, hvor de kunne lære at offline-programmere en svejserobot, løse fiksturproblemer og i det hele taget blive nogle dygtige robotsvejsere, men det er der ikke mulighed for i dag. Jeg håber virkelig, at der kommer noget ud af det her initiativ."

Problemerne med manglende uddannelsesmuligheder bliver ikke mindre i fremtiden. Alle vurderer, at anvendelsen af robotsvejsning vil/skal stige væsentligt i deres virksomhed i de kommende år. Anvendelse af svejserobotter er en afgørende konkurrenceparameter også i forhold til små serier med mange omstillinger.

2.1. Variationen i uddannelsesbehovene

En vigtig problemstilling i forbindelse med at opfylde virksomhedernes uddannelsesbehov er den variation i robotsvejsningen, der findes på tværs af virksomhederne. Der er en stor udstyrsmæssig variation

i forhold til robotfabrikater, fiksturer og manipulatorer og store forskelle i produkter og materialer, der robotsvejses. I den samme virksomhed kan emnerne i nogle tilfælde svinge mellem 1 kg og 10 tons.

Citat: "En anden problemstilling er også, at virksomhederne er meget forskellige. Det kan jeg se igenem de erfagrupper, vi er med i inden for robot. Hos os skal det jo være produkter med noget vægt i. Plader i 1 millimeters tykkelse er ikke lige det, vi interesserer os for – her er det plader i 12 mm tykkelse, der vejer 1500 kg. Det grej, vi skal have til robotsvejsning, koster en formue, og det giver nogle særlige udfordringer i forbindelse med at automatisere."

Emnevariationen er ofte meget stor. Det vil overraske de fleste, hvor mange forskellige emner nogle underleverandørvirksomheder kan holde styr på at fremstille. Det at kunne omstille produktionen hele tiden er en helt afgørende konkurrenceparameter.

Citat: "Vi er 100% underleverandører, og vi fremstiller og leverer ca. 100.000 forskellige emner. Vi har lige nu 102.000 programnumre i vores ERP-system. Vi har ca. 500 kunder inden for alle mulige brancher. Vi har typisk 14 dages leveringstid, og derudover har vi nogle faste kunder, vi leverer konstant til. Vi skal hele tiden kunne omstille os til nye emner."

Der er forskellige vurderinger af, hvad den temmelig store udstyrsmæssige forskel betyder uddannelsesmæssigt. De fleste vurderer, at i forhold til det man kalder grundpakken inden for robotsvejsning, så er det ikke så afgørende, hvilke robotfabrikater man anvender på skolen. Ved mere specialiserede kurser i fx offline-programmering betyder det mere, at undervisningen foregår på det samme robotfabrikat, som medarbejderen arbejder med i virksomheden.

Problemstillingen med udstyrsspecifik efteruddannelse i AMU er gennemgående i mange af ERAs analyser. Det er umiddelbart en fordel, at man på skolen kan blive undervist i det samme udstyr, som man har i virksomheden. På den korte bane er det også mest effektivt. Samtidig har dette syn på efteruddannelse også sin begrænsning.

Hvis man som deltager kun forbinder det, man har lært med et bestemt robotfabrikat, så er man sårbar overfor den teknologiske udvikling, der faktisk foregår. Det snævre udstyrsspecifikke fokus kan i yderste konsekvens føre til, at man uddanner en sårbar og uflexibel arbejdskraft, der har det svært med at skifte job. Mange virksomheder har desuden flere robotfabrikater, og dette vil blive mere almindeligt i fremtiden. I en af de besøgte virksomheder har man derfor investeret i en offline-programmering, som ikke er robotspecifik.

Citat: Vi har flere forskellige robotfabrikater og 4 mand, der kan offline-programmere. Vi har faktisk også et universal offline-programmeringsværktøj, der hedder Delmia. Med det kan vi offline-programmere til flere robotfabrikater. Vi arbejder med det, men vi synes ikke, at det kan erstatte fx vores Valk offline-programmering. Der er vi ikke endnu."

Der er nogle gode videoer på YouTube, der viser, hvordan Delmia fungerer. Hos Migatronic Automation anvender man også universalprogrammer til off-lineprogrammering af mange forskellige robotfabrikater, og det har man gode erfaringer med, men prisen er temmelig høj for dette software.

Når undervisningen gennemføres på skolerne, så er det vigtigt, at lærerne løfter i det mindste noget af undervisningen ud af det udstyrsspecifikke og på denne måde skaber et grundlag for, at deltagerne kan transformere det, de lærer, over på andre udstyrsfabrikater. Det er ikke hensigtsmæssigt, hvis undervisningens fokus i sig selv understøtter antagelsen om, at læringsudbyttet kun har værdi i forhold til et specifikt udstyr.

2.2. Profiler inden for robotsvejsning

Både under interviewene og under rundgangen på virksomhederne tegnede der sig to tydelige profiler: En robotsvejsespecialist/opstiller/indkører og en operatørprofil. Profilerne varierer en del på tværs af virksomhederne, men der er en generel enighed om, at efteruddannelse inden for robotsvejsning skal ses i relation til de to profiler.

2.2.1. Operatør på svejserobotanlæg

Generelt er det operatøren, der kører med robotanlægget og lægger emner i fiksturet, spænder dem op, rengør fiksturet og lignende. Operatøren skal også altid være i stand til at vurdere, om der er kvalitetsproblemer med svejsningerne af emnet. Hvis der opstår problemer, så tilkalder operatøren hjælp fra en faglært kollega. I langt de fleste tilfælde er svejserrobotoperatører ufaglærte. I stort set alle virksomheder er der et ønske om at bygge flere kompetencer på operatørerne, så de bliver mere selvkørende over længere stræk.

Citat: "Jeg mener, at vi skal gøre meget mere for at proppe noget robotuddannelse på de ufaglærte og på den måde øge arbejdsstyrken inden for robotsvejsning. De faglærte har mange forskellige muligheder og er generelt meget svære at få fat i. Der er virkelig nogle dygtige folk blandt de ufaglærte, og de vokser i alle virksomheder. Det er jo heller ikke dyrt at uddanne medarbejdere i AMU."

I en anden virksomhed har man sat en udvikling i gang i forhold til at øge operatørernes kompetencer i robotsvejsning.

Citat: Vi forsøger at få operatøren til at kunne noget mere, og det er en lidt længere proces. Før var der tre, der reelt kunne arbejde med robotten – de andre skulle bare kunne trykke på den grønne knap. Det er vi på vej væk fra. Folk, der står ved robotten, skal kunne noget mere – så får de større ejerskab, og så holder du hele tiden programmerne trimmet op. De skal ikke kunne offline-programmere, men de skal kunne tilrette programmerne.

I den teoretiske verden så er det sådan, at når du laver et program til en robot, så kører den i princip de næste 100 år. Sådan er virkeligheden ikke. Emnerne varierer lidt hele tiden. Det gør maskinen (robotten) også. Det kan vi se på de referenceprogrammer, der følger med, når vi køber maskinerne.

Det betyder, at vi jævnligt skal rette programmerne til, så kan vi køre i tre uger eller måske tre måneder, og så skal vi til det igen. Det er det, vi gerne vil have operatøren til at kunne selv.”

Der er også eksempler på, at operatørerne får nogle helt særlige kompetencer til at holde anlæggene kørende og derigennem reducere antallet af fejl på udstyret og undgå produktionsstop. Disse kompetencer har man fået igennem længere tids erfaring med at rette fejl på udstyret.

Citat: ”Der hvor man virkelig kan lære noget, det er nå tingene ikke virker. Hvorfor kører den ikke – hvorfor kører den derhen – og hvorfor virker lysbommen ikke lige pludselig. Det skal man prøve at etablere på skolen – altså fejlsøgning. Vi har en gammel robot derude, og der er kun to gutter, der kan køre med den, og de er også de eneste, der kan holde den kørende i længere tid. De ved lige, hvor den skal kildes henne for at virke. Det kan fx være for meget støv på en bestemt printplade og noget vedligehold, som skal være særlig hyppig og mange andre særheder.”

Det, virksomhederne generelt satser på i forhold til operatørerne, er at tilføre dem kompetencer, sådan at de kan deltage i produktionsforberedelsen, indkøringen af anlægget og efterfølgende selvstændigt robotsvejsning af pågældende produkter/emner samt udføre vedligehold og mindre programtilretninger. Det er det operatøruddannelsen i AMU skal fokusere på indenfor robotsvejsning.

2.2.2. Robotsvejsespecialist

Denne profil varierer en del på tværs af virksomhederne, men vil typisk være en faglært smed, der kan programmere og indkøre en svejserobot til en given opgave. I mindre virksomheder er det ofte en enkelt person, der besidder denne profil, og i nogle tilfælde kan det være nødvendigt for ham at hente hjælp ude fra fx hos leverandørerne af svejserobotten. Det er ikke sikkert, at han er i stand til at offline-programmere.

I de fleste af virksomhederne opstår der under interviewene et billede af en mere omfattende ”robotsvejsespecialist”-profil, som kan programmere svejserobotten både offline og online, udvikle og opbygge fiksturer, finde fejl, udføre reparationer på fx fiksturer, indkører anlægget, vurdere kvalitet og produktivitet i forhold til bestemte løsninger, bistå ved indkøb af robotsvejsedstyr herunder fiksturer o.l.

Generelt skal robotsvejsespecialisten medvirke til at sikre, at virksomheden har kompetencer på et højt niveau, sådan at man ikke bliver afhængig af kostbar hjælp ude fra. Dette kan være en temmelig krævede affære, hvad det næste citat antyder.

Citat: ”En af de største udfordringer er, når du har en sælger af en svejserobot, der fortæller, hvor meget vi kan skrue på emnets pris, når vi får en robot til at svejse det. Men der er sateme langt fra at sælge en svejserobot til at det lykkes derude (i virksomheden). Ind imellem kan man godt tænke, at det her kommer vi aldrig til at tjene penge på. Man skal tænke sig godt om, når man prissætter noget, der skal robotsvejses. Du kan i princippet godt have et billigt emne, men det koster altså noget at få lavet et fikstur.”

Afhængig af virksomhedens størrelse og de mængder, der robotsvejses, så kan der være nogle arbejdsdelingsmæssige snit i profilen. Produktionsforberedelse og offline-programmering kan fx ligge på én person og tuch up (sidste tilretning af programmet) samt indkøring i produktionen ligge på en anden. Tilsvarende kan der også være personer, der er særligt kyndige i at udvikle, fremstille og tilrette fiksturer, hvis man selv gør dette. Både emnesortimentet, udstyret, virksomhedens størrelse og de personer, man har ansat, påvirker denne arbejdsdeling.

På tværs af virksomhederne har der under interviewene været en del diskussioner af, om det skal være en smed, der skal offline-programmere. Det er der forskellige vurderinger af.

Citat: *“Vi laver både offline-programmeringen og online-programmeringen selv – helt fra scratch. Dem der laver offline-programmering, det er smede, som vi rykker op fra produktionen. Det kan man godt diskutere, men de smede, vi har, de kan komme meget langt med off-lineprogrammeringen, sådan at vi undgår at lave ret meget touch up bagefter. De ved, hvordan pistolen skal hælde, for at det er optimalt, og de tænker også på, om slangen kommer i vejen og meget mere.”*

I andre virksomheder er det mere robotkompetencerne, man går efter, og så bygger man derefter svejsekompetencer på vedkommende.

Citat: *“Om du starter med en smed, som dygtiggør sig inden for programmering, eller du har en automationsmand, som har let ved at forstå det svejsetekniske – jeg ved ikke, hvad der er stærkest, men det er til syvende og sidst personafhængig, hvordan du får det hele til at snakke sammen.”*

Mekanikere og industriteknikere blev også fremhævet som gode at få fat i til offline-programmering.

Citat: *“En smed er ikke nødvendigvis den bedste at uddanne inden for robotsvejsning. Jeg tror faktisk, man får mere ud af at uddanne en maskinarbejder (industritekniker), der har kørt med en 5-akset fræser og så lære ham noget om svejsning. En smed er rigtig dygtig til mange ting, men automation lærer de ikke noget videre om. Men det er også personafhængigt.”*

Det personafhængige betones ofte og man rekrutterer gerne bredt fagligt set, hvis det er den rigtige person. Der er eksempler på, at operatører har udviklet sig til at blive offline-programmører, fordi både evner og interesser har været tilstede hos vedkommende.

2.3. Udviklingen i uddannelsesbehovene

Besøget hos DanRobotics og Migatron Automation gav et godt indblik i de udviklingsdynamikker, der vil påvirke robotsvejsningen i de kommende år. Flere af de besøgte virksomheder havde også nogle perspektiver på dette.

Den helt afgørende trend vil være industri 4.0 robotsvejsning med en stærkt forøget dataopsamling fra svejseprocessen, end det er almindeligt i dag. Svejsemaskinerne er allerede forberedt til denne udvikling, men der er næsten ingen, som bruger disse faciliteter. Der er dog flere virksomheder, som oplyser, at de inden for et par år vil fokusere mere på dataopsamling.

Offline-programmering vil være dominerende og væsentlig hurtigere og mere automatiseret at gennemføre, end man kan i dag.

Citat: "Det, jeg drømmer om, er, at man kan tage en 3D-fil og lægge den ind i en robot, og så genererer den selv et program – det ville jo være optimalt, hvis man skal lave enkeltstyksproduktioner - men her er der lang vej endnu."

Der er også nogle, som ser for sig, at den tiltagende dataintegration i form af big data i virksomheden kan betyde en stærk kobling mellem offline-programmeringen og ERP-systemet i virksomheden. Dette kan effektivisere programmeringsprocessen betydeligt og samtidig generere store dele af dokumentationen.

Flere af de besøgte virksomheder har fokus på at automatisere mindre opgaver i små styktal, der sjældent gentages. Her nævnes både Migatronics Cowelder og DanRobotics Compactwelder. Det afgørende er her den store fleksibilitet, disse udstyrløsninger kan levere samtidig med, at de er mobile.

Citat: "Vi ser med interesse på Coweldereren. Den kan lave nogle simple opgaver, men det giver god mening. Og så kan man jo bruge den samme til håndtering, når der ikke svejses. Et kursus i, hvordan man udnytter den bedst, vil være en rigtig god ide. Vi har en masse opgaver, som kun kommer én gang og her vil en kollaborativ svejserobot være interessant."

Det er et generelt ønske i de besøgte virksomheder, at man kan komme på kursus i kollaborative svejseroboter. Hvordan man så nærmere definerer dette begreb er ikke afgørende, hvis fokus ligger på at den skal være mobil, fleksibel, nem og hurtig at stille op og sætte i drift. Her kan der udfoldes megen kreativitet i bestræbelsen på at udvide området for robotsvejsning.

Det sidste nye er robotprogrammering med Virtuel Reality. Virtual Reality er her en smart måde at forene traditionel teach-in, som foregår direkte ved den fysiske robot, med fleksibel offline programmering på PC'en. Her tilbydes en mere hands-on tilgang til udvikling, konstruktion og programmering af robotcellen.

Hos DanRobotics bruges VR i ABB RobotStudio. Her kan man ved hjælp af VR mødes med andre i samme virtuelle robotcelle. Det giver mulighed for at arbejde sammen om robotcellens konkrete opbygning og programmering på samme måde, som man ville gøre i en virkelig robotcelle. VR kan allerede nu anvendes sammen med Compactweldereren.

Virtuel Reality er en udvikling, man skal være opmærksom på i relation til robotsvejsning, men et aktuelt kursusbehov er der ikke tale om.

2.4. Opsamling og konklusioner på analysearbejdet

I dette underkapitel leveres opsamling og konklusioner på analysearbejdet i virksomhederne i en række punkter som overgang til et udspil om nye AMU-uddannelsestiltag inden for robotsvejsning.

- Alle besøgte virksomheder vurderer, at anvendelsen af robotsvejsning vil/skal stige væsentligt i deres virksomhed i de kommende år. Anvendelse af svejserobotter er en afgørende konkurrenceparameter også i forhold til små serier med mange omstillinger.
- Alle virksomheder har problemer med at rekruttere kvalificerede medarbejdere inden for robotsvejsning.
- Generelt mener de besøgte virksomheder og udstyrsleverandørerne, at den største barriere for implementering af flere svejserobotter er manglende uddannelsesmuligheder inden for robotsvejsning.
- De store virksomheder i undersøgelsen gennemfører selv intern uddannelse og træning i robotsvejsning. De mindre virksomheder oplever at være alt for afhængige af hjælp ude fra og lider derfor ofte et væsentligt produktionstab ved fejl og nedbrud.
- I en del af virksomhederne bestræber man sig på at udvikle en operatørprofil, som kan deltage i produktionsforberedelsen, indkøringen af anlægget og efterfølgende robotsvejse de pågældende produkter/emner, udføre vedligehold og mindre programtilretninger m.m. Operatørerne i de besøgte virksomheder er generelt ufaglærte.
- I de fleste af virksomhederne tegner der sig et billede af en "robotsvejsespecialist" – profil, som programmerer svejserobotten, udvikler og opbygger fiksturer, finder fejl, udfører reparationer på fx fiksturer, indkører anlægget m.m. Der er en del variationer i denne profil afhængig af arbejdsdelingen i virksomheden, og om man anvender off-line eller on-line programmering. "Robotsvejsespecialisten" er typisk faglært og ofte en smed. Flere har dog gode erfaringer med mekanikere, industriteknikere, operatører og andre, der har flair for automatisering og robotprogrammering.
- Udvikling og fremstilling af optimale fiksturer og anvendelse af manipulatorer er meget afgørende for både produktiviteten og kvaliteten ved robotsvejsning. Virksomhederne efterspørger generelt efteruddannelse i dette.
- Flere nævner, at de overvejer at investere i en UR svejserobot eller en lignende fleksibel robotsvejseløsning, som et supplement til de større svejserobotter. Her efterspørger virksomhederne et kursus, der kan lære deltagerne, hvordan man udnytter disse muligheder optimalt.

3. Udspil til nye uddannelsestiltag inden for robotsvejsning

I dette kapitel leveres nogle anbefalinger vedrørende udvikling af nye AMU-kurser inden for robotsvejsning og også nogle refleksioner over de læringsmæssige udfordringer, deltagerne står overfor ved indførelse af robotsvejsning i virksomhederne. Derudover behandles også de problemstillinger, der knytter sig til udstyr og lærerkvalificering på skolerne.

Grundlaget for kapitlets overvejelser og anbefalinger er ud over virksomhedsbesøgene også en afholdt workshop med skolerne på EUC Lillebælt den 28. maj 2018. På workshoppen deltog følgende skoler: EUC Nordvest – Mercantec – Herningsholm – EUC Syd – EUC Lillebælt og TEC. Derudover deltog Lars Ahm, Industriens Uddannelser – Steen Nielsen, Udvikling Fyn og Svend Jensen, ERA.

3.1. Nye teknologier og transformativ læring

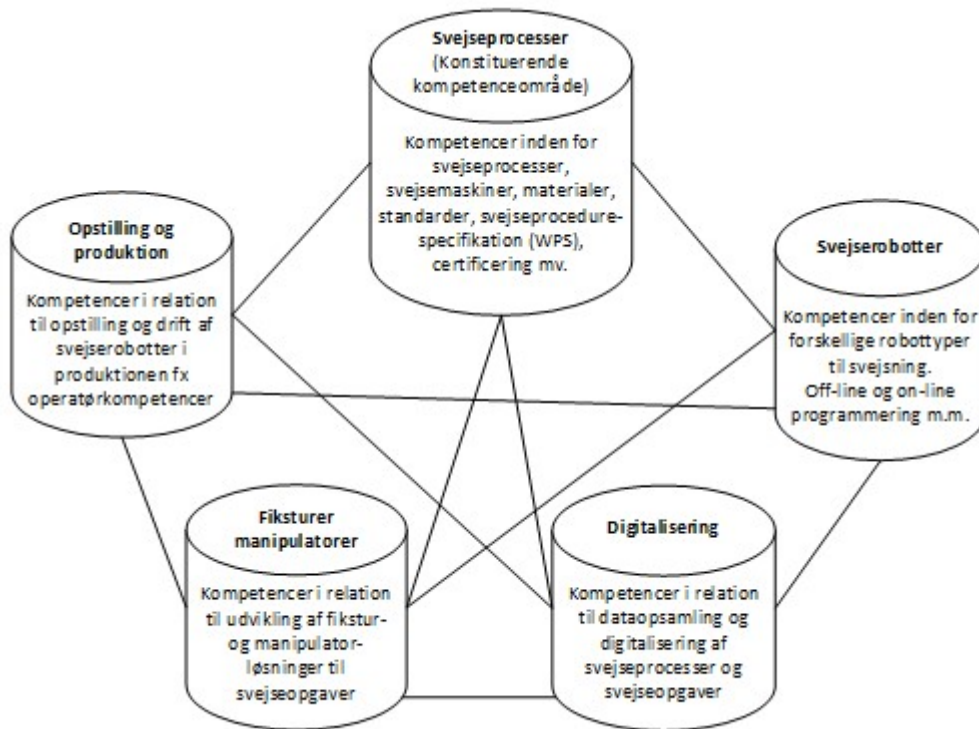
Moderne automatiseringsteknologier skaber nogle nye læringsmæssige udfordringer i form af, at etablerede faggrænser overskrides og undertiden også opløses. Kompleksiteten, udviklingshastigheden og prisen for de omfattende teknologiske løsninger gør det svært og til tider umuligt for skolerne at skabe et læringsmiljø, der svarer til det, der findes i virksomhederne. Læringsbetingelserne på AMU-kurser vil i stigende grad komme til at ligne dem, man ser på de videregående uddannelser. Ingen studerende har her en forventning om, at læringsmiljøet på uddannelsesinstitutionen er en spejling af det, der foregår i virksomhederne. Læringen skal *transformeres* til det job, som den studerende på et tidspunkt indtager, og derfor taler man også undertiden om et praksischock for nyuddannede. I læringsteorien taler man om transformativ læring¹.

Man kan se kurserne i konventionel svejsning som karakteristisk for den klassiske forståelse af, hvad AMU-kurser skal kunne levere af læringsudbytte. Svejsekurserne er stærkt færdighedsbetonede med fokus på veldefinerede metoder, standarder og arbejdsdiscipliner. Det er normalt ukompliceret at overføre det, man lærer på kurserne, til arbejdet i virksomheden. Læringsmiljøet, fx udstyr og maskiner samt læringsituationerne på skolen, afviger ikke afgørende fra arbejdet i virksomheden.

Det forholder sig anderledes med kurser i robotsvejsning. Det er karakteristisk for robotsvejsning, at den etableres igennem et samspil mellem flere teknologier fx svejsemaskinen, robotten, fiksturet og manipulatorens. Et optimalt samspil mellem disse teknologier skal sammen med operatørens arbejde sikre en høj produktivitet og kvalitet i produktionen af svejste emner/produkter. Især robotter, fiksturer og manipulatorer afviger væsentlig på tværs af virksomhederne afhængig af de produkter, der fremstilles.

Uddannelse i robotsvejsning bør derfor have fokus på teknologierne og deres samspil og i mindre grad på specifikke udstyrløsninger og robotfabrikater. Modellen herunder skitserer kompleksiteten i de relationer, der er imellem de forskellige teknologier og kompetenceområder.

¹ Se Knud Illeris: *Transformativ læring & identitet*. Samfundslitteratur 2013



Et robust læringsresultat skal sikres ved, at deltagerne udvikler en sammenhængende teknologisk forståelse og overblik samtidig med, at de fx arbejder sig i dybden med en specifik programmeringsopgave eller et projekt om udviklingen af et fikstur til en given opgave.

Læringsmiljøet, dvs. udstyr, maskiner og læringsituationerne på skolen, vil afvige væsentligt fra arbejdet i virksomheden. Læringsudbyttet hviler for en stor del på, at deltageren efter kursets afslutning kan transformere det lærte til den arbejdsmæssige kontekst i egen virksomhed. Denne transformativ læring er udfordrende for de fleste og kan give anledning til frustrationer. Samtidig er det en læringsform, der over tid skaber en vedvarende robusthed i arbejdet med den stadige strøm af nye teknologier.

De viste forbindelser mellem kompetenceområderne på foregående side illustrerer, at intet område kan ses isoleret. Derfor vokser kompleksiteten betydeligt ved indførelsen af robotsvejsning. Nogle af de problemer, som ERA blev præsenteret for i de besøgte virksomheder, kunne adresseres til en utilstrækkelig kompetencemæssige kobling mellem fx en programmering og det fikstur, man havde fået opbygget. Selvom man hovedsageligt arbejder med at programmere en svejserobot, så skal man vide meget om svejseprocesser, fiksturer, manipulatorer, opstilling og ikke mindst produktionsprocessen. Hvis virksomheden anvender dataopsamling, skal dette også indgå.

De samme krav om teknologisk overblik bliver den person, der bygger fiksturer, også stillet overfor.

I næste underkapitel ses et forslag til en uddannelsesstruktur, der kan tilgodese en kompetenceudvikling i AMU, som imødekommer de behov, virksomhederne har.

3.2. Operatør inden for robotsvejsning

Som tidligere nævnt findes der i en del virksomheder en egentlig operatørprofil, som varetager driften af svejserobotterne og også undertiden udfører mere basale programmeringsopgaver. Herunder ses et forslag til en uddannelsespakke for robotsvejsoperatører, som er drøftet på workshopen med skolerne.

Uddannelsespakke operatør - robotsvejsning



I flere af de besøgte virksomheder har man haft medarbejdere på kurset *“Robotbetjening for operatører”*. Man ser dette som et kursus, hvor man får *“afdramatiseret”* robotten og får nogle basale driftskompetencer på plads, inden man skal begynde at forholde sig til svejsning med robotter.

“Betjening og basisprogrammering af svejserobot” fokuserer på svejseprocesser og basale drifts- og vedligeholdelseskompetencer i forbindelse med robotsvejsning. Dette involverer også indlæsning af enkle svejseprogrammer samt udføre mindre ændringer og rettelser i disse. Der er her tale om on-line programmering.

På basis af virksomhedsbesøgene er det vurderingen, at de to nævnte kurser bør suppleres med et nyt kursus, der grundlægger en mere sammenhængende operatørkompetence på et højere niveau. Under udviklingen af kurset kan man tage afsæt i modellen på foregående side og styrke samspillet mellem de forskellige teknologier og kompetenceelementer i robotsvejsningen. Her tænkes fx på, at operatøren skal have en større indsigt i fiksturets og manipulatorens betydning for både produktivitet og kvalitet. Desuden også mere on-lineprogrammering med fokus på produktivitet og kvalitet samt kendskab til off-line-programmering på et vidensniveau. Derudover kan man også inddrage viden om forskellige typer af svejserobotinstallationer set i lyset af emnestørrelser og antal.

Uddannelsespakken henvender sig også til fx faglærte smede, der ikke før har arbejdet med robotsvejsning eller robotter i det hele taget. Vejen til at blive robotsvejsespecialist i virksomheden forudsætter en grundlæggende indsigt og kunnen i de drifts- og produktionsmæssige aspekter af robotsvejsningen, som dygtige operatører kan være i besiddelse af.

3.3. Robotsvejsespecialist

I nogle større virksomheder kan man se profilen *“robotsvejsespecialist”* som opstiller og indkører af svejserobotinstallationen, inden operatøren tager over. Set på tværs af de besøgte virksomheder er det imidlertid for snæver en profil at fokusere på uddannelsesmæssigt.

Mindre virksomheder, der arbejder med robotsvejsning, har også i høj grad behov for en robotsvejsespecialist, der kan varetage alle kompetenceområder i modellen (side 19) på et højt niveau. En del af de problemer, flere kæmper med, skyldes, at ekspertisen inden for robotsvejsning ligger uden for virksomheden hos leverandøren samtidig med, at man heller ikke har kompetencer i huset til at arbejde med fiksturer og offline-programmering. Resultatet er, at disse virksomheder jævnligt kommer ud for længerevarende og kostbare driftsstop og har svært ved at videreudvikle deres leverancer af robotsvejste emner.

En anden problemstilling er, at mindre virksomheder typisk arbejder i flere mindre serier end store virksomheder. Omstilling af robotsvejsningen til nye emner er ofte meget hyppige i mindre virksomheder, hvilket betyder, at de i høj grad har behov for en robotsvejsespecialist, der både kan offline-programmere, arbejde med fiksturproblemstillinger, finde fejl og løse kvalitetsproblemer m.m. Nedenstående uddannelsesgrundpakke er et godt grundlag for udvikling af denne kompetenceprofil.

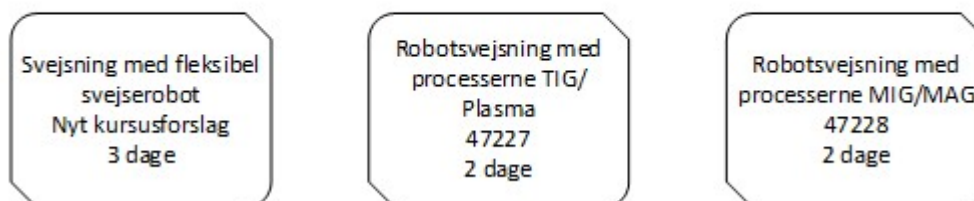
Uddannelsespakke robotsvejsespecialist



Kurset "Programmering og optimering af svejserobot" har et relevant indhold i forhold til at være det første kursus for en potentiel svejsespecialist. Deltageren skal selvstændigt kunne fremstille programmer (on-lineprogrammering må man antage) og bl.a. afhjælpe program- og svejseprocesfejl. Deltageren skal også have viden om fremstilling og anvendelse af svejsefiksturer. Generelt er der tale om et kursus, som også kan fungere godt i forlængelse af det anbefalede nye kursus for operatører dog lidt afhængig af, hvordan indholdet i det nye operatørkursus bliver beskrevet. Hvis det viser sig, at 47226 ikke giver et tilstrækkeligt kompetenceløft (progression) i forhold til det nye operatørkursus, så kan det blive nødvendigt at revidere 47226.

Det nye kursusforslag vedrørende offline-programmering sigter på at lære deltagerne om, hvordan man anvender et offline programmeringsværktøj med simulering i klasse med fx ABB RobotStudio, som er verdens mest udbredte. Man kan naturligvis ikke lære at blive en dygtig offline-programmør på 3 dage, men kurset kan være igang sættende i forhold til at gå dybere i offline-programmering efterfølgende fx på leverandørkurser.

Særskilte kurser - robotsvejsning



Som supplement til de to grundpakker for henholdsvis operatør og svejsspecialist skal der også være kurser, som på forskellige måder kan udbygge profilen i dybden eller uddanne til nye teknologier inden for robotsvejsning. Lige nu er der behov for at udvikle et kursus om kollaborative eller særligt fleksible svejserobotter. Man kan diskutere, om det giver mening, at bruge begrebet kollaborative svejserobotter, da der jo ikke er tale om, at fx en UR robot ved svejsning kan fungere som en tredje hånd ligesom ved montage. Sikkerhedsmæssige forhold og afskærmningen af svejseprocessen gør, at der i højere grad er tale om en meget fleksibel robotsvejseløsning.

Der er ikke konstateret et aktuelt behov for kurser i dataopsamling fra svejserobotter, men det vil antageligt opstå, når virksomhederne kommer længere i implementeringen af dette.

3.4. Om udbuddet af robotsvejsekurser

På workshoppen med skolerne blev det drøftet hvor mange, der satsede på at levere et efteruddannelsesudbud af robotsvejsekurser.

EUC Nordvest i Thisted har et nyt og moderne teknologicenter, som bruges til undervisning inden for robot, 3D print og produktionsflow m.m. Her udbyder man følgende robotsvejsekurser:

- Betjening og basis programmering af svejserobot, AMU 47225, 3 dage
- Programmering og optimering af svejserobot, AMU 47226, 3 dage
- Robotsvejsning, AMU 47227, 2 dage

EUC Nordvest er de eneste, der udbyder og gennemfører AMU-kurser i robotsvejsning. Derudover arbejder EUC Syd også på at udbyde AMU-kurser i robotsvejsning. Man har indkøbt flere robotter til formålet og har også haft lærere på efteruddannelse i robotsvejsning hos DanRobotics i Middelfart. De øvrige deltagende skoler havde købt eller var i gang med at indkøbe svejserobotter, men disse bestræbelser var rettet mod erhvervsuddannelserne. Der var ingen aktuelle planer om at udbyde robotsvejsning som efteruddannelse i AMU-regi.

Det er virksomhedernes vurdering, at man ikke bør sprede efteruddannelse i robotsvejsning ud på for mange skoler. Hvis kvaliteten i udbuddet er høj, kører man gerne langt efter det.

Citat: "Det er vigtigt, at man kun laver måske 3 centre for robotsvejsning i Danmark, og så skal de være rigtig dygtige til uddannelse i robotsvejsning. Det der med at alle mulige udbyder robotsvejsning – det duer ikke – så mange er vi heller ikke. Hvis ikke lærerne arbejder med robotsvejsning hele tiden, så bliver de ikke dygtige. I de kurser vi har fulgt inden for robotsvejsning, har lærerne da været nogenlunde, men eksperter i robotsvejsning – det vil jeg ikke kalde dem. Uddannelse af lærerne – det skal man prioritere meget højt.

I virksomhederne generelt peger man på, at uddannelse af lærerne er meget vigtig og understreger samtidig nødvendigheden af, at skolerne skal samarbejde tæt med leverandørerne i denne forbindelse.

Det er jo også svært for en skole at holde et højt niveau i robotsvejsning. Det kræver rigtig meget af lærerne uddannelsesmæssigt. Det er altså en stor udfordring at få noget uddannelse proppet på lærerne, og her skal man arbejde på at samarbejde med leverandørerne. Jeg kan godt se, at lærerne står lidt på samme måde som os – hvor går man hen og får noget svejserobotuddannelse på et højt niveau? Men de centre, vi snakker om, de skal altså være specialister på et højt niveau, så vi virkelig har noget at komme efter.

Både DanRobotics og Migatronik har et tæt samarbejde med flere skoler og er også meget indstillet på at medvirke ved uddannelse af lærerne. Hos DanRobotics sker dette allerede, hvor bl.a. EUC Syd har haft lærere på kursus.

På workshoppen var undervisningsmidler også på dagsordenen. Der mangler i høj grad undervisningsmidler inden for robotsvejsning. Der findes noget i forhold til håndtering og robotter generelt, men intet der omhandler robotsvejsning.

I forbindelse med udvikling af nye undervisningsmidler vil DanRobotics gerne bidrage med input.

4. Afsluttende bemærkninger

Mange virksomheders udvikling og produktivitet inden for robotsvejsning er påvirket af, at der findes et betydeligt uddannelsesefterslæb hos medarbejderne, som de selv forsøger at løse, så godt de kan. Der er derfor behov for en målrettet efteruddannelsesindsats både i forhold til at udvikle udbuddet af kurser, men også i forhold til læreruddannelse og undervisningsmidler.

Som det første anbefales det at fokusere på at udvikle og udbyde de to skitserede grundpakker plus de tre særskilte kurser. Det er det vigtigste på nuværende tidspunkt. På lidt længere sigt kan man arbejde på at løfte niveauet og evt. udbyde mere avancerede kurser inden for robotsvejsning. Dette vil også afhænge af hvor stort et volumen af potentielle kursister, der er inden for robotsvejsning.

Det er ERAs vurdering, at man skal arbejde på at opbygge fx tre teknologicentre for robotsvejsning, som kan levere efteruddannelse på et højt niveau under anvendelse af de nyeste teknologier fx inden for robotter, robotprogrammering, fiksturudvikling, svejsemaskiner m.m. Disse teknologicentre skal også være meget opsøgende i forhold til virksomhederne og de aktuelle problemer, de har med baggrund i bl.a. utilstrækkelig uddannelse.

Opbygningen af teknologicentrene bør ske under inddragelse af en kreds af leverandører. Et tæt samarbejde med leverandørerne sikrer, at skolerne kan være opdateret i de nyeste teknologier, og at lærerne også kan efteruddannes på et højt teknologisk niveau.

FKB 2750 "Betjening af industrirobotter for operatører" tænkes også at være moder-FKB for de anbefalede nye kurser. Samtidig er det ERAs vurdering, at FKB 2750 bør revideres. Den er sidst revideret i 2006, og der er sket meget på robotområdet siden. Den er meget overordnet beskrevet og robotsvejsning er stort set ikke repræsenteret i FKBen.

Man kunne overveje at lade den nye FKB "Svejsning, termisk skæring i metal og skibsbygning" være moder-FKB for robotsvejskurserne, men det betyder så, at alle skoler, der udbyder AMU-kurser i svejsning, også skal udbyde robotsvejskurserne. Samtidig giver det god mening at opretholde en robot-FKB, netop fordi det er robotteknologien, der sætter den kompetencemæssige dagsorden i fx robotsvejsning. Derudover vil robotsvejsningen typisk være en del af skolernes robotcentre, hvor de også arbejder med håndtering. Dette er fx tilfældet i Thisted.