

COMPUTER AIDED WELDING TECHNOLOGY PROJECTING

Ivan Samardžić
Marko Dunder
Anto Kožul

Dr.sc. I. Samardžić, Associate Professor,
University of Osijek, Mechanical Engineering faculty in Slavonski Brod, Trg I.B.Mažuranić
18, 35000 Slavonski Brod

Mr.sc. M. Dunder, Stjepana Radića 16/4, Novi Travnik, Bosna i Hercegovina
Anto Kožul, student, University of Osijek, Mechanical Engineering faculty in Slavonski
Brod, Trg I.B.Mažuranić 18, 35000 Slavonski Brod

Key words: zavarivanje, projektiranje tehnologije zavarivanja, baze znanja

ABSTRACT : *Projektiranje tehnologije zavarivanja je zahtjevan i u većini slučajeva vrlo kompleksan posao koji se može značajno ubrzati uz primjenu odgovarajućih računalnih programa. U radu se daje model integralnog programa za projektiranje tehnologije zavarivanja koji se sastoji od različitih korisničkih podprograma (proračuni troškova zavarivanja, normativa zavarivanja, parametara zavarivanja, zavarljivosti, izrada procedure qualification records i welding procedure specification, izrada post weld heat treatment procedure, ...) i različitih baza podataka i znanja (dostupne domaće referencije iz područja zavarivanja i zavarivanju srodnih tehnika, failure case studies base, baza znanja za analizu tehnološkiosti zavarenih konstrukcija). Prednost primjene ovog pristupa projektiranju tehnologije zavarivanja očituje se u skraćanju vremena izrade tehnologije zavarivanja i smanjenju različitih troškova vezanih uz izradu tehnologije zavarivanja. Pored tekućih rješenja tehnološkoja zavarivanja, u baze podataka se pohranjuju i značajnija dosadašnja rješenja tehnologije zavarivanja. Na ovaj se način mogu koristiti dosadašnja znanja i iskustva iz proteklih uspješnih proizvodnih procesa, a koja bi vjerojatno bila zagubljena i/ili zaboravljena. Ta se iskustva mogu uspješno koristiti i u novim procesima proizvodnje, pa se tako mogu izbjeći neki nepotrebni troškovi i skratiti vrijeme potrebno za izradu tehnologije zavarivanja (na pr. opsežna istraživanja zavarljivosti, optimaliziranje parametara zavarivanja, kritična mjesta procesa, ...).*

1. INTRODUCTION

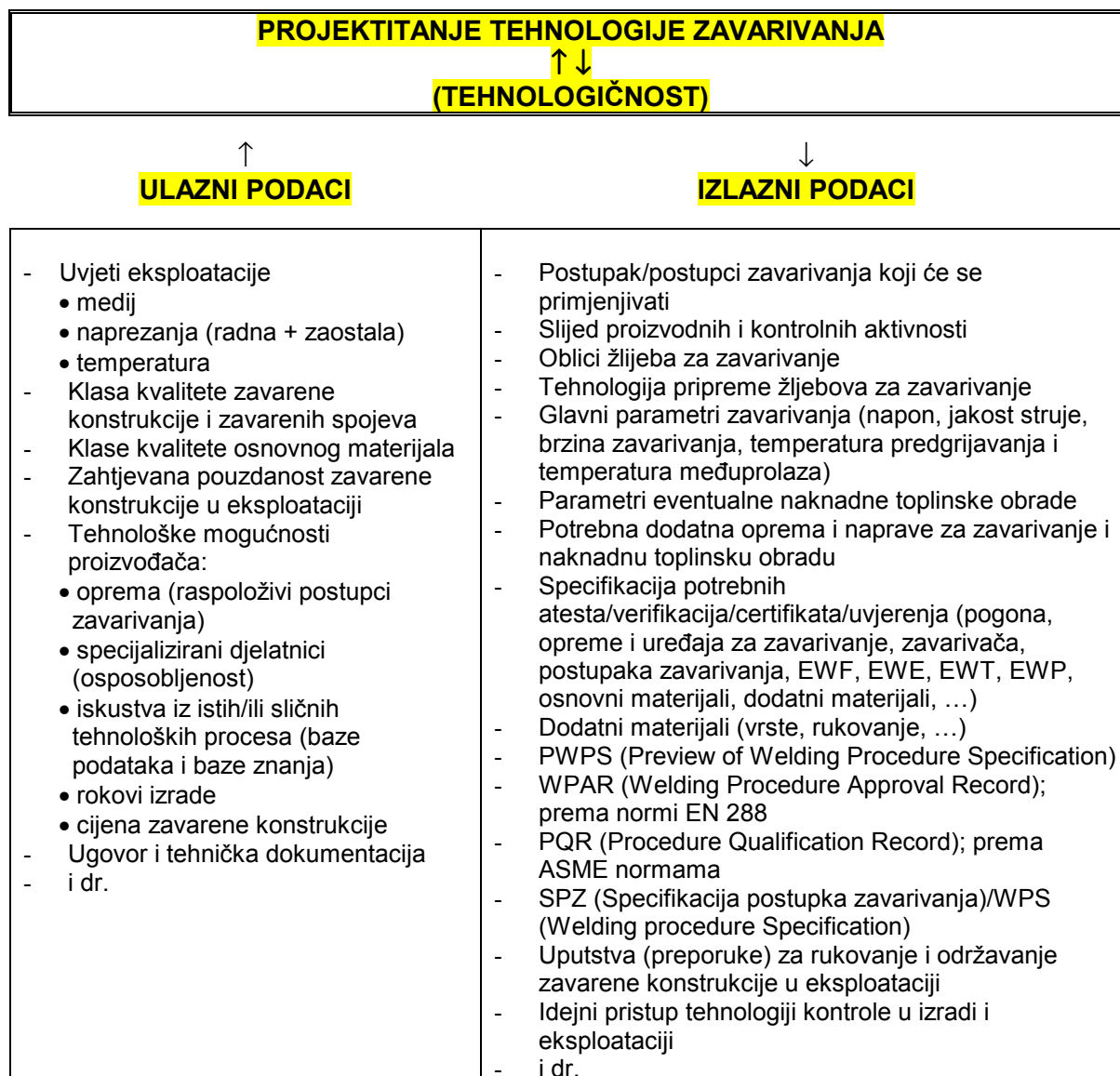
Projektiranje tehnologije zavarivanja je značajna aktivnost u izradi zavarene konstrukcije. To je prije svega kompleksna aktivnost koja zahtjeva vrsne i specijalizirane tehnologe zavarivanja (European Welding Engineer). Tehnologije zavarivanja u većini slučajeva moraju biti verificirane od strane ovlaštenih institucija, a samo provođenje tehnologije zavarivanja, te kontrola i osiguranje kvalitete zavarenih spojeva strogo se nadzire tijekom izrade zavarene konstrukcije.

Na zavarene se konstrukcije postavljaju vrlo strogi zahtjevi u pogledu sigurnosti za ljude, okoliš i materijalna dobra. Kod zavarenih proizvoda kod kojih postoji povećan rizik od otkaza, važno je da tehnolog – specijalista za zavarivanje bude uključen kroz sve faze životnog vijeka proizvoda, kako bi mogao izraditi odgovarajuću tehnologiju zavarivanja.

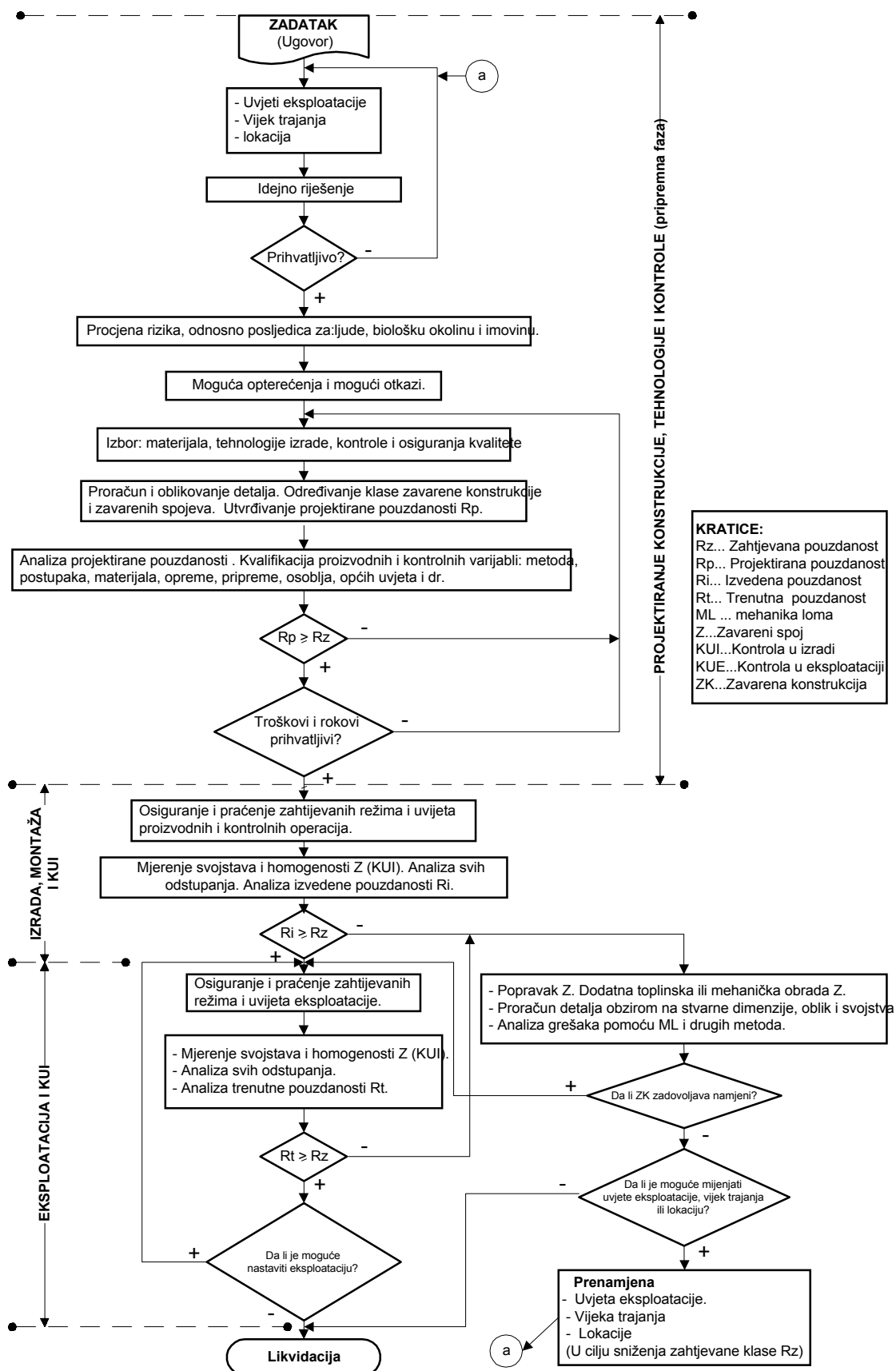
Na slici 1 se daju osnovni ulazni i izlazni podaci kod projektiranja tehnologije zavarivanja, dok se na slici 2 daje prikaz najznačajnijih aktivnosti kroz sve faze životnog vijeka zavarenog proizvoda:

- projektiranje konstrukcije, tehnologije izrade i tehnologije kontrole,
- izradu, montažu i kontrolu u izradi, te
- eksploataciju i kontrolu u eksploataciji.

Važno je uočiti razliku između tehnologije zavarivanja i tehnologičnosti. Ako se razmatra režime i slijed operacija, tada se razmatra tehnologija, a ako se dodatno razmatra i troškove, tada je to razmatranje tehnologičnosti. Analize tehnologičnosti sastavni su dio projektiranja tehnologije zavarivanja. Provode se tijekom projektiranja tehnologije zavarivanja, ali isto tako i tijekom trajanja proizvodnog procesa ukoliko se procjeni da je došlo do bitnih promjena koje mogu rezultirati reduciranjem troškova proizvodnje.



Slika . Prikaz osnovnih ulaznih podataka potrebnih kod projektiranja tehnologije zavarivanja, te osnovni izlazni podaci nakon projektiranja tehnologije zavarivanja.



Slika 2. Najznačajnije aktivnosti kroz sve faze životnog vijeka zavarenog proizvoda

2. Slijed aktivnosti kod projektiranja tehnologije zavarivanja

Kada se govori o projektiranju tehnologije zavarivanja, onda se prije svega misli na:

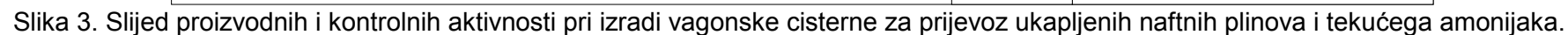
- izradu redoslijeda zavarivanja (slijed proizvodnih i kontrolnih aktivnosti),
- izradu PQR i WPS dokumenata,
- normiranje zavarivanja (kalkukacija vremena potrebnog za zavarivanje),
- specifikaciju potrebne opreme i naprava za zavarivanje,
- globalnih aktivnosti kontrole i osiguranja kvalitete (potrebni atesti, ...).

U stručnoj literaturi se često spominje riječ tehnologija zavarivanja, a isto tako se često opisuju pojedini tehnološki procesi zavarivanja. No, konkretna primjena na nekom objektu (zavarenom proizvodu) kompleksna je i teško ju je sažeti u obliku jednog rada. S druge strane to je na određeni način vlasništvo i tajna proizvođača zavarene konstrukcije, pa je i to jedan od razloga zbog kojih se pristupilo sistematizaciji aktivnosti kod projektiranja tehnologije zavarivanja. Prije izrade zavarene konstrukcije izrađuje se slijed proizvodnih i kontrolnih aktivnosti. Tako se pruža mogućnost brzog i praktičnog sagledavanja tehnologije izrade zavarene konstrukcije, nakon čega slijedi detaljno razrađivanje i analize pojedinih segmenata proizvodnog procesa. Slijed proizvodnih i kontrolnih aktivnosti rade iskusni tehnolozi koji imaju određena znanja i iskustvo na području projektiranja tehnologije zavarivanja. Kao primjer izrade slijeda proizvodnih i kontrolnih aktivnosti, na slici 3 se daje slijed proizvodnih i kontrolnih aktivnosti pri izradi posude pod tlakom – vagonске cisterne volumena 110 m³.

Detaljnije će se analizirati izrada PQR i WPS dokumenata, koji su zanimljivi kako sa stajališta cijene koštanja, tako i sa stajališta vremena potrebnog za izradu ovih dokumenata. Sve ostale aktivnosti su na direktan ili indirektan način povezane sa izradom ovih dokumenata.

Slijed aktivnosti kod projektiranja tehnologije zavarivanja može se tumačiti na način prikazan na slici 4. Temeljni dokumenti tehnologije zavarivanja su PQR i WPS procedure.

Jedna od aktivnosti u sklopu izrade PQR i WPS procedura je određivanje glavnih parametara zavarivanja u PWPS proceduri. Glavni su parametri zavarivanja napon i jakost struje zavarivanja i brzina zavarivanja. Ovi parametri zavarivanja daju tzv. primarno unešenu energiju zavarivanja, dok se sekundarno unešena energija ostvaruje posredstvom isto tako značajnih parametara zavarivanja: temperature predgrijavanja, temperature između prolaza i temperature dogrijavanja. Na slici 5 se daje slijed određivanja glavnih parametara elektrolučnog zavarivanja.



- experience data
- knowledge bases
- weldability tests
- additional supported comp. programs

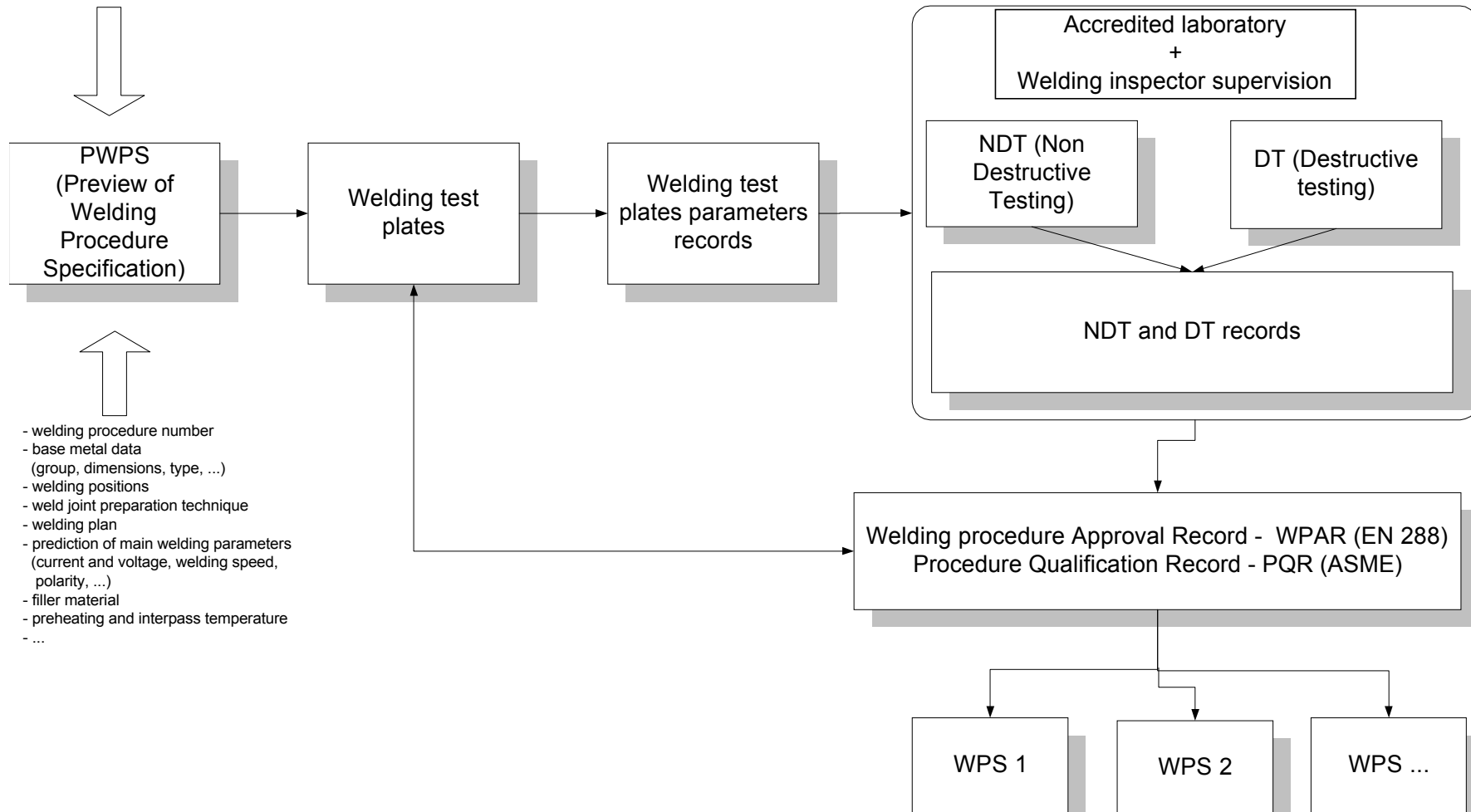


Figure 4. Welding technology projecting procedure

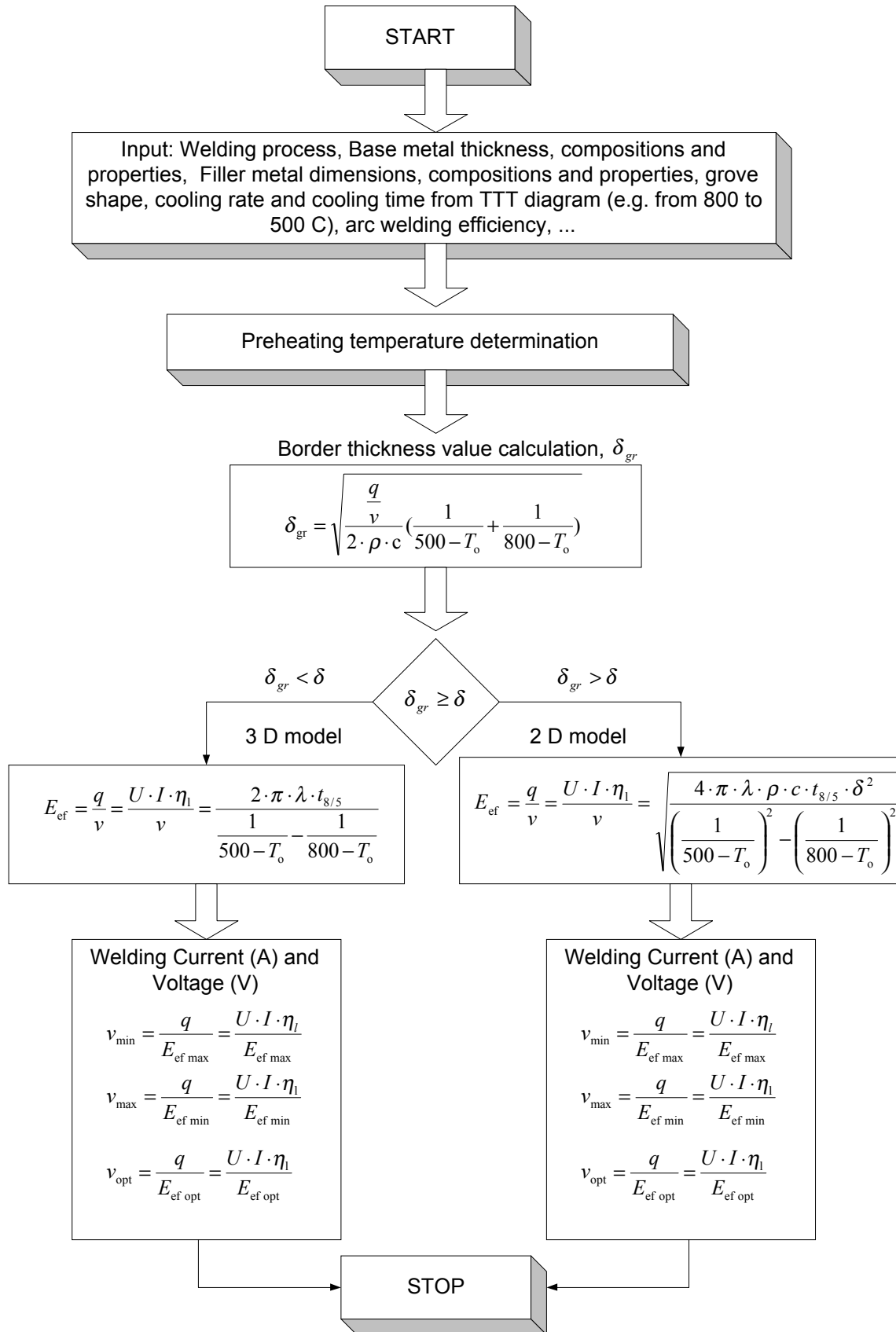
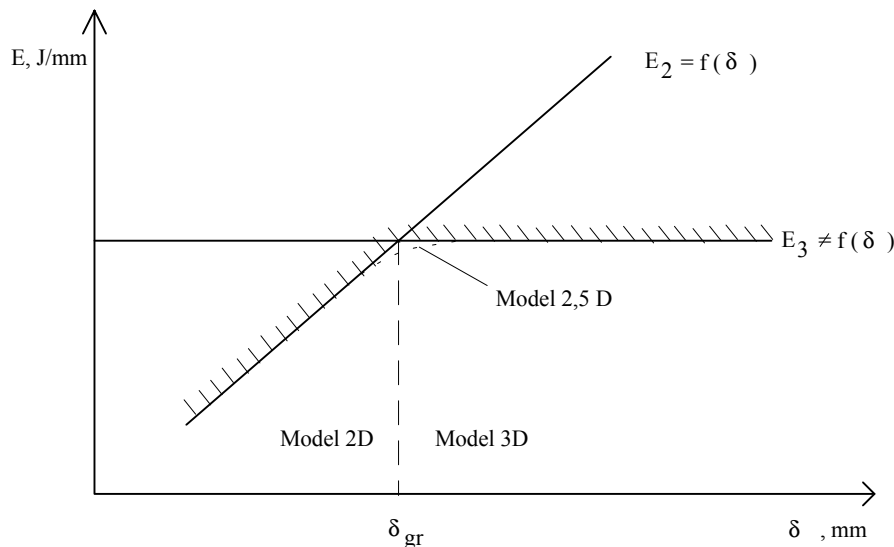


Figure 5. Main welding parameters determination procedure

Kod izbora modela vođenja topline (2 ili 3 D model) važno je razumjevanje i točno određivanje granične debljine materijala. Granična debljina materijala dobije se kada se izjednače formule za dvodimenzijsko i trodimenzijsko vođenje topline, te se dobivena jednačba riješi po varijabli δ . Shematski se to prikazuje sljedećom slikom.



Slika 5. Shematski prikaz principa određivanja granične debljine materijala.

Zbog pojednostavljenja, u praksi se koriste samo 2 D i 3D model vođenja topline, dok se 2,5 D model zbog kompleksnosti ne koristi. No, opravdana je primjena toga modela, pa se zahvaljujući razvoju i primjeni suvremenih software-skih paketa isti danas može uspješno koristiti u praksi.

3. Model programa za projektiranje tehnologije zavarivanja

Nakon što su opisane osnovne aktivnosti kod projektiranja tehnologije zavarivanja, u nastavku se daje model integralnog programa za projektiranje tehnologije zavarivanja uz pomoć elektroničkog računala. Program je zamišljen da radi u Windows okruženju. Sastoji se od pet modula:

- base data input module
- knowledge base module
- additional supported programs module
- cost efficiency design module
- PQR and WPS module

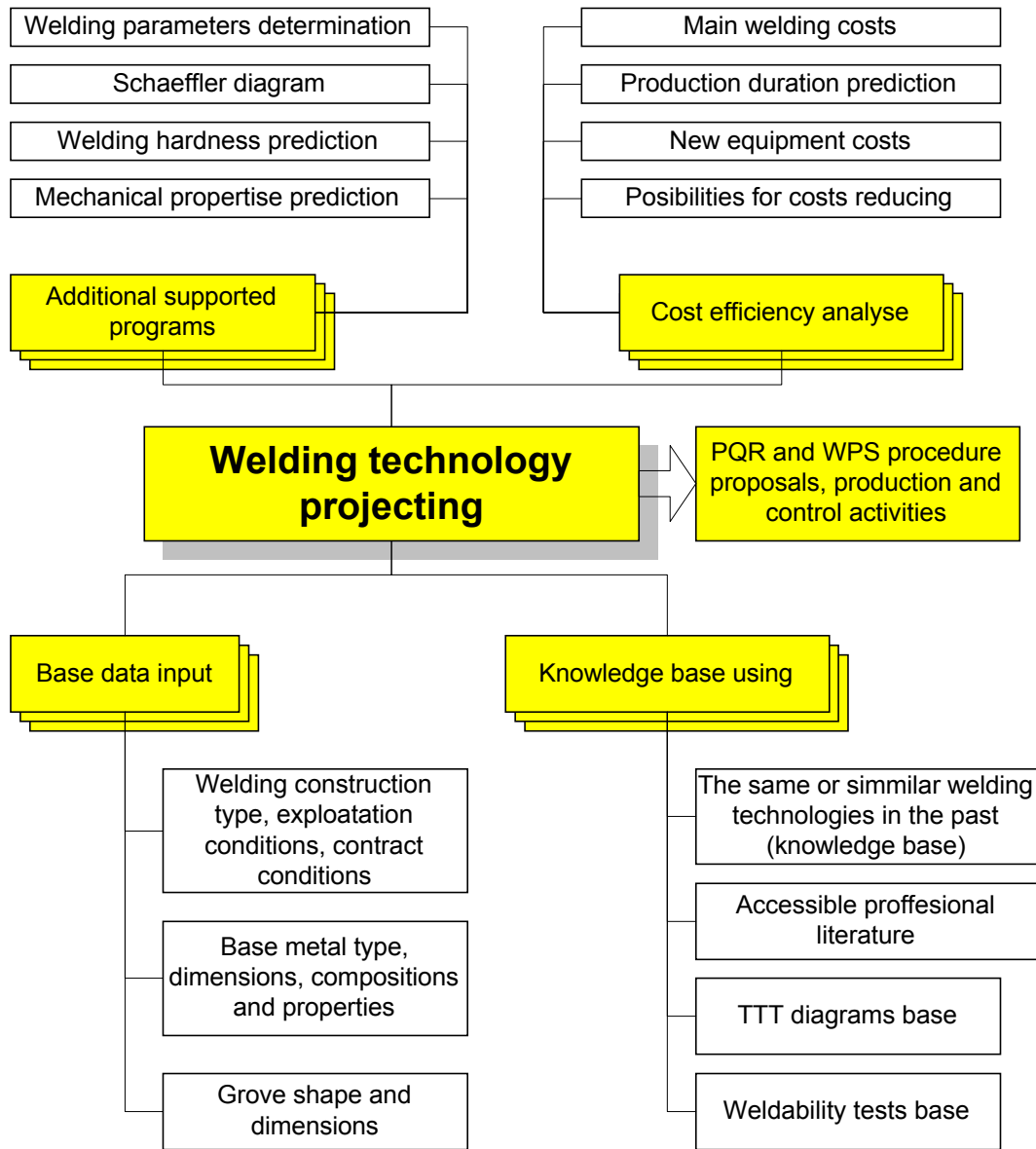
Unutar base data input module unose se osnovni podaci o zavarenoj konstrukciji, potrebni za projektiranje tehnologije zavarivanja (uvjeti eksploatacije, zahtjevi za kvalitetu, materijali, ...).

Knowledge base module pruža potrebne informacije o proteklim proizvodnim procesima (slijed proizvodnih i kontrolnih aktivnosti, PQR i WPS procedure, nalazi NDT and DT, iskustva iz eksploatacije, dostupna znaja iz literature, dostupni TTT dijagrami za čelike, ...).

Additional supported programs module se sastoji od niza korisničkih programa koji rade u Windows okruženju (Schaefflerov dijagram, programi za procjenu tvrdoće i mehaničkih svojstava zavarenog spoja, izračunavanje parametara zavarivanja, temperature predgrijavanja, brzine hlađenja i trajanja hlađenja zavarenog spoja, ...).

Cost efficiency design modul sadrži programe i primjere ispravnog dizajniranja detalja zavarenog spoja i zavarene konstrukcije sa stajališta cijene koštanja (uštete ostvarene kroz smanjenje troškova izrade!).

PQR and WPS module služe za završnu izradu PQR and WPS procedura (bilo da se pozove neka procedura iz baze podataka ili da se formira novi dokument). Osnovni oblici spojeva za zavarivanje pohranjeni su u bazu podataka, tako da se mogu editirati ili neposredno koristiti.



References

1. Lukačević, Z., Gajzler, Z. Revitalization of components in oil and petrochemical plants applying expert systems. International conference "Materials and welding in oil and petrochemical plants", Croatian Society for Welding Technique (Zagreb), Sisak 1992.
2. Lukačević, Z., Gajzler, Z. Revitalization of mechanical components using expert system. XI international conference BIAM '92, Zagreb, 1992.

3. Samardžić I., Dunđer, M. Expert system model for pressure vessels control in service and repair welding. Međunarodno savjetovanje CIM 2000, Lumbarda, Korčula (Hrvatska), str.V29-V37, bibl. 5. UDK 621(063)658:52.011.56(063), ISSN 953-97181-0-4.

Zaključak

S obzirom na dinamiku odvijanja proizvodnog procesa, tehnolozi zavarivanja obično imaju nedostatak vremena za tako značajnu aktivnost kao što je projektiranje tehnologije zavarivanja. Primjenom računalnog sistema kao podrške pri projektiranju tehnologije zavarivanja moguće je značajno skratiti vrijeme potrebno za projektiranje tehnologije zavarivanja. Kompletirane tehnologije zavarivanja spremaju se u baze podataka (baze znanja) koje se mogu po potrebi pozvati i koristiti u novim slučajevima projektiranja istih ili sličnih tehnologija zavarivanja. U te je baze podataka moguće dodati i tehnologije ranije uspješno provedenih tehnoloških procesa zavarivanja. To su vrlo vrijedni i korisni podaci, a ako se ne pohrane u odgovarajuće baze podataka, postoji mogućnost da ti podaci budu zaboravljeni i/ili izgubljeni. Značajna su i iskustva tehnologa i praktičara koji su sudjelovali kod takovih projekata (napr. Izrade kuglastog spremnika, vagnske cisterne, cilindričnog stojećeg spremnika velikog volumena, komponenata tračničkih vozila, mostova i dr.). Takva iskustva mogu se pohraniti u obliku dodatnih tehnoloških uputa za zavarivanje.

Acknowledgement. This publication is based on work sponsored by Ministry of Science and Technology of Croatia under project 152-004 and project 00-114.