

Prezentarea sintetică a tezei de doctorat cu titlul

Cercetarea tehnologiei de încărcare la interior cu aliaje dure a suprafețelor de etanșare ale robinetelor și altor elemente similare din industria petrolieră

Prezenta teza de doctorat cu titlul „*Cercetarea tehnologiei de incarcare la interior cu aliaje dure a suprafețelor de etansare ale robinetelor si altor elemente similare din industria petroliera*” are ca obiect, cercetarea tehnologiei de incarcare la interior prin sudare , prin procedeul Metal Inert Gas cu arc pulsant, a suprafețelor interioare ale echipamentelor supuse acțiunii mediilor agresive specifice industriei petroliere. Subiectul tezei de doctorat are o foarte mare importanta pentru garantarea sigurantei in exploatare a unor echipamente din utilajul petrolier a caror defectare conduce la accidente deosebit de grave, cu consecinte severe privind pierderile de vieti omenesti, economice si de poluarea mediului inconjurator si anume robinetele si prevenitoarele de eruptie .

Dintre robinetele utilizate in industria petroliera se mentioneaza o clasa aparte reprezentata de capetele de eruptie si prevenitoarele de eruptie al caror rol este de a inchide sonda in conditii de presiuni foarte mari pana la 140 Mpa si vehicularea unor medii corozive, medii acide cu hidrogen sulfurat (H₂S), medii cu dioxid de carbon (CO₂) la temperaturi ridicate sau temperaturi scazute. Una din formele principale de deteriorare a prevenitoarelor de eruptie o reprezinta fisurarea si ruperea peretelui prevenitorului sub actiunea combinata a coroziei si a unei stari de tensiuni generate de presiunile interioare foarte ridicate .

Pentru a asigura rezistenta la aceasta forma complexa de solicitare in exploatare se practica urmatoarele solutii:

- fabricarea integrala a prevenitorului de eruptie din aliaje rezistente la solicitarea combinata presiune –mediu agresiv, procedeu care implica costuri ridicate ale materialelor din care se construiesc elementele componente

- placarea la interior a prevenitoarelor de eruptie si a robinetelor cu materiale rezistente la actiunea agresiva a mediilor de lucru prin urmatoarele procedee :

- sinterizare prin aplicarea procedului H.I.P (procedeu de sinterizare si presare la rece urmat de presare la cald), procedeu care impune echipamente din tehnica presiunilor inalte si implica, de asemenea costuri de productie foarte ridicate ;

- placarea prin turnare a corpului robinetului, cu utilizarea unui miez din material cu caracteristici de protectie anticoroziva; acest procedeu presupune o tehnologie care sa asigure o foarte buna dilutie la interfata dintre cele doua materiale ;

- incarcarea prin sudare la interior cu aliaje rezistente la actiunea agresiva a mediului de lucru

Procedeu de incarcare prin sudare la interior prezinta ca avantaje fata de solutiile enumerate, costuri relativ mai mici, determinate simplitatea echipamentelor de sudare cu adaptarile specifice operatiei de incarcare la interior, o productivitate satisfacatoare ,dar care poate deveni foarte buna daca se automatizeaza procesul si posibilitatea controlului dilutiei stratului depus prin reglarea optima a parametrilor regimului de incarcare prin sudare. Este insa o operatie de complexitate mare datorita necesitatii mentinerii parametrilor tehnologici de incarcare in limite foarte precise , datorita proprietatilor complexe ale materialului de adaos si datorita temperaturilor foarte mari dezvoltate in interiorul robinetului pe durata incarcarii prin sudare care pot afecta materialul de baza ,materialul de adaos si nu in ultimul rand capul de sudare.

Tinand seama de aceste aspecte, teza de doctorat isi propune sa cerceteze tehnologia de incarcare prin sudare la interior a prevenitoarelor de eruptie utilizate in industria petroliera aplicand procedeul MIG cu arc pulsata cu materialul Inconel 625 si sa elaboreze tehnologia si echipamentul necesare implementarii la scara industriala a rezultatelor cercetarii efectuate.

Mentionam faptul ca tehnologii similare se pot aplica si robinetelor supuse actiunii agresive a mediilor de lucru, in totalitatea cazurilor, materialele si tehnologiile de incarcare fiind proprietatea firmelor producatoare de utilaj petrolier

In primul capitol al tezei de doctorat se expune o scurta prezentare a tezei de doctorat

In capitolul al doilea, intitulat „*Tipurile constructive, materialele si caracterizarea rezistentei mecanice a robinetelor destinate industriei petroliere*” sunt prezentate si analizate principalele tipuri de robinete utilizate in industria petroliera sub aspectul formelor constructive (clasificarea acestora), conditiilor tehnice, al materialelor si tehnologiilor de fabricare. Se evidentiaza complexitatea sistemelor de inchidere a sondelor de tipul capetelor de coloana si al prevenitoarelor de eruptie, care au fost alese ca obiect de studiu privind cresterea performantelor in exploatare prin incarcarea la interior prin sudare cu materiale de protectie anticoroziva.

Sunt prezentate rezultatele cercetarilor privitoare la materialele si tehnologiile de realizare a protectiei anticorozive a robinetelor si prevenitoarelor de eruptie aparute in fluxul international de publicatii .

Este prezentat calculul de dimensionare a grosimii peretelui corpului unui prevenitor de eruptie vertical care a fost ales pentru studiul privind placarea prin sudare cu Inconel 625.

In capitolul al treilea, intitulat „*Cercetarea tehnologiilor de incarcare prin sudare cu superaliaje rezistente la coroziune si uzura*” sunt prezentate cercetarile preliminare privind incarcarea la interior a robinetelor prin sudare utilizand procedeul MIG cu arc pulsata folosind ca material de incarcare aliajul pe baza de cobalt cu denumirea comerciala Stellite 6. Aliajul Stellite (Co-Cr-W-C) face parte dintre aliajele recomandate de normele internationale pentru incarcarea suprafetelor supuse la procese de uzare si coroziune exploatate intr-un domeniu larg de temperaturi (robinete ,capete de eruptie ,prevenitoare de eruptie) Capitolul a avut ca obiectiv realizarea echipamentului si tehnologiei de incarcare la interior prin procedeul MIG cu arc electric pulsata cu aliajul Stellite 6 si efectuarea unor cercetari privind comportarea stratului depus la coroziune si uzura in medii specifice industriei petroliere

Este prezentata cercetarea privind incarcarea prin sudare prin procedeul MIG cu arc pulsata prevenitoarelor de eruptie folosind ca material de adaos superaliajele pe baza de nichel-crom denumite comercial Inconel 600 si Inconel 625 si realizarea unui studiu comparativ privind rezultatele obtinute .

In capitolul al patrulea ,intitulat „*Proiectarea si realizarea unui echipament pentru placarea prin sudare prin procedeul MIG cu arc pulsata in regim automat a robinetelor si prevenitoarelor de eruptie din industria petroliera*” este prezentata tehnologia industriala de incarcare prin sudare propusa, prin proiectarea si realizarea unui echipament care sa permita incarcarea la interior a prevenitoarelor de eruptie si a robinetelor realizand parametrii tehnologici stabiliti in capitolul trei.

Ultimul capitol este dedicat prezentarii concluziilor finale a pricipalelor contributii originale ale autorului si evidentierii unor directii viitoare de cercetare in domeniu.

Cuvinte cheie: robinet; prevenitor de eruptie; incarcare prin sudare; sudare in regim MIG cu arc pulsata; coroziune; medii acide cu hidrogen sulfurat; superaliaje; Inconel 600; Inconel 625; Stellite 6; sudare MIG cu arc pulsata, automat; parametrii de sudare MIG; standardizare NACE .

CUPRINS

CUPRINS	3
CAPITOLUL I.....	7
INTRODUCERE	7
CAPITOLUL II.....	11
TIPURILE CONSTRUCTIVE MATERIALELE ȘI CARACTERIZAREA REZISTENȚEI MECANICE A	
ROBINETELOR DESTINATE INDUSTRIEI PETROLIERE	11
2.1. PREZENTARE GENERALĂ.....	11
2.2 TIPURI CONSTRUCTIVE DE ROBINETE. CLASIFICARE	12
2.2.1 Clasificarea robinetelor după tipul obturatorului.....	13
2.2.2 Clasificarea robinetelor după modul de acționare	14
2.2.3 Clasificarea robinetelor după forma suprafeței de etansare.....	14
2.2.4 Clasificarea robinetelor după materialul de fabricație al corpului.....	15
2.2.5 Clasificarea robinetelor după modul de racordare la conductă	15
2.2.6 Clasificarea robinetelor după domeniul de utilizare.....	16
2.2.7 Clasificarea robinetelor după rolul funcțional.....	16
2.2.8 Clasificarea robinetelor în funcție de rezistența la acțiunea hidrogenului.....	17
2.2.9 Clasificarea în funcție de presiunea de lucru și temperatură	17
2.2.10. Robinetele cu ventil.	18
2.2.11 Robinetele cu sertar.....	21
2.2.12 Robinete cu cep	30
2.2.13 Robinete cu sferă.....	32
2.2.14 Robinete fluture.....	35
2.2.15 Robinete pentru capetele de coloană și capetele de erupție.....	37
2.2.16. Prevenitorul de erupție.....	39
2.3 ELEMENTE DE CALCUL DIMENSIONAL LA PREVENITORUL DE ERUPȚIE VERTICAL.....	45
2.4. MATERIALE UTILIZATE LA FABRICAREA ROBINETELOR ȘI PREVENITOARELOR DE ERUPȚIE REZISTENTE LA	
ACȚIUNEA AGRESIVĂ A MEDIILOR PETROLIERE.....	56
2.4.1 Materiale recomandate pentru fabricarea robinetelor și prevenitoarelor de erupție	64
2.4.2 Grupe de materiale metalice (oțeluri)	65
2.4.3 Materiale de adaos folosite la încărcarea prin sudare în scopul creșterii durității și a	
rezistenței la coroziune a robinetelor și prevenitoarelor de erupție.....	74
2.5. ANALIZA COMPORTĂRII LA COROZIUNE A UNOR MATERIALE INDICATE ÎN NORMA NACE MR0175/ISO	
15156-3/2003	87
2.6 CONCLUZII	89
CAPITOLUL III.....	91
CERCETAREA TEHNOLOGIEI DE ÎNCĂRCARE PRIN SUDARE CU SUPERALIAJE REZISTENTE LA	
COROZIUNE ȘI UZURĂ.....	91
3.1 CERCETAREA TEHNOLOGIEI DE ÎNCĂRCARE CU PROCEDEUL WIG	92
3.2. TEHNOLOGIA DE ÎNCĂRCARE PRIN SUDARE WIG – CU ARC PULSAT CU INCONEL 625.....	96
3.3. CERCETAREA TEHNOLOGIEI DE ÎNCĂRCARE CU STELLITE 6 FOLOSIND PROCEDEUL PULSE MIG.....	98
3.3.1 Procedul de încărcare prin sudare Pulse MIG.....	98
3.3.2. Generalități privind procedul de sudare MIG- MAG	99
3.3.2. Avantajele sudării MIG în curent pulsant	113
3.4 CERCETĂRI PRIVIND ÎNCĂRCAREA PRIN SUDARE PRIN PROCEDEUL PULSE MIG A ELEMENTELOR DE ETANȘARE	
ALE ROBINETELOR ȘI PREVENITOARELOR DE ERUPȚIE CU SUPERALIAJUL STELLITE 6	115

3.4.1	Elaborarea tehnologiei de încărcare cu Stellite 6 utilizând procedeul Pulse MIG	119
3.5	CERCETĂRI EXPERIMENTALE PRIVIND COMPORTAREA TRIBOCOROZIVĂ A UNEI PIESE ÎNCĂRCATE PRIN SUDARE PULSE MIG CU STELLITE 6 COMPARATIV CU O PIESĂ ÎNCĂRCATĂ PRIN PULVERIZARE CU PULBERE DE WOLFRAM PRIN PROCEDEUL H.V.O.F. [52]	121
3.6	CERCETĂRI PRIVIND ÎNCĂRCAREA PRIN PROCEDEUL MIG CU ARC PULSAT (PULSE MIG) ALE ELEMENTELOR CONSTRUCTIVE ALE ROBINETELOR ȘI PREVENITOARELOR DE ERUPȚIE CU SUPERALIAJUL INCONEL 600	134
3.6.1	Proiectarea și realizarea unui cap de sudare MIG-MAG capabil să realizeze încărcarea la interior în regim automat	134
3.6.2	Cercetarea tehnologiei de încărcare cu Inconel 600 folosind procedeul Pulse MIG [53]	138
3.6.3	Cercetarea caracteristicilor mecanice și metalurgice ale stratului depus și ale metalului de baza	142
3.7	CERCETAREA TEHNOLOGIEI DE ÎNCĂRCARE CU INCONEL 625 FOLOSIND PROCEDEUL PULSE MIG	153
3.7.1	Cercetarea caracteristicilor mecanice și metalurgice ale stratului depus și ale metalului de bază	157
3.8	STUDIU COMPARATIV ÎNTRE REZULTATELE OBTINUTE LA ÎNCĂRCAREA CU INCONEL 600 ȘI REZULTATELE OBTINUTE LA ÎNCĂRCAREA CU INCONEL 625 ÎN STRATUL AL DOILEA	162
3.9	CONCLUZII	165
	CAPITOLUL IV	169
	PROIECTAREA ȘI REALIZAREA UNUI DISPOZITIV PENTRU PLACAREA PRIN SUDARE A ROBINETELOR ȘI PREVENITOARELOR DE ERUPȚIE DIN INDUSTRIA PETROLIERĂ.....	169
4.1	CARACTERISTICI FUNCȚIONALE ALE DISPOZITIVULUI PENTRU ÎNCĂRCARE PRIN SUDARE	169
4.2	PREZENTAREA ELEMENTELOR COMPONENTE ALE DISPOZITIVULUI PENTRU PLACAREA PRIN SUDARE A ROBINETELOR ȘI PREVENITOARELOR DE ERUPȚIE DIN INDUSTRIA PETROLIERĂ.....	170
4.2.1	Capul de sudare.....	170
4.2.2	Sistemul de deplasare al capului de sudare.....	171
4.2.3	Sistemul de comandă	172
4.2.4	Masa rotativă	173
4.2.5	Sursa de sudare.	175
4.3	SCHEMA FUNCȚIONALĂ ȘI FUNCȚIONAREA PRINCIPALĂ A DISPOZITIVULUI DE PLACARE PRIN SUDARE PRIN PROCEDEUL MIG CU ARC PULSAT	177
4.4	CERCETĂRI EXPERIMENTALE PRIVIND ÎNCĂRCAREA PRIN SUDARE LA INTERIOR CU INCONEL 625 A CORPULUI PREVENITORULUI DE ERUPȚIE VERTICAL	179
4.4.1	Fixarea corpului prevenitorului pe platoul mașinii rotative.....	181
4.4.2	Centrarea corpului prevenitorului de erupție pe axul platoului mașinii rotative....	181
4.4.3	Determinarea diametrului prevenitorului și a înălțimii peretelui ce urmează a fi placat prin sudare cu Inconel.....	181
4.4.4	Preîncălzirea peretelui prevenitorului la temperatura de 70°C	181
4.5	CONCLUZII	184
	CAPITOLUL V	185
	CONCLUZII FINALE. CONTRIBUȚII ORIGINALE. DIRECȚII DE CONTINUARE A CERCETĂRII	185
5.1	CONCLUZII FINALE	185
5.2	CONTRIBUȚII ORIGINALE	194
5.3	DIRECȚII DE CONTINUARE A CERCETĂRII.....	197
	BIBLIOGRAFIE	199
	ABSTRACT.....	207
	ANEXA 1	209
	ANEXA 2	218

Research on the cladding technology of inner sealing surfaces of valves and other similar elements in oilfield industry

ABSTRACT

This thesis with the title “Research on the cladding technology of inner sealing surfaces of valves and other similar elements in oilfield industry” focuses on the cladding by welding of inner surfaces using pulse electric arc Metal Inert Gas method destined for the equipments working in corrosive environments specific to the oilfield industry.

The thesis topic is important to insure the safety of the critical oilfield equipments that could cause, in case of breakdown, catastrophic accidents with severe consequences like human casualties, economical disruptions and environmental disasters; concentrating specifically on certain critical valves and blowout preventers.

Among the valves used in oilfield industry there is a class of equipments identified as blowout heads and blowout preventers whose role is to shut down the well in case of extreme pressure conditions up to 140Mpa and corrosive environmental conditions, acidic sulfate-hydrogen H₂S, carbon dioxide CO₂, under high or low temperatures.

One of the main reasons for blowout preventers failure is the cracking and perforating of the preventer body under combined influence of corrosion and extreme loading stress generated by the high internal working pressure.

The following solutions are used to ensure the preventer works in a safe manner under complex stress conditions:

- use specific high tensile resistant materials for the whole blowout preventer that can insure the proper resistance under combined loading stress-environment; this method induces a high cost due to the special materials needed;
- cladding for the inner surfaces of the preventers and valves using suitable materials capable of withstanding the loading and the environmental stress

The research made in this thesis is studying their cladding by welding with hard alloys using electric arc pulse MIG procedure.

The cladding procedure for the inner surfaces using welding has a distinct advantage over the methods above described as it is cheaper due to the simplicity of the equipments required for the procedure and a relative satisfactory productivity which can be improved dramatically if the welding process gets automated and provides the means to control the dilution of the cladding layer by optimal adjustments of the welding process during cladding.

The process itself is a high complexity operation due to the difficulty in maintaining the parameters of the technological process within the optimal limits; this is due to the complex parameters reached by the cladding materials at high temperatures induced at the cladding surfaces during welding; it can have a negative effect on preventer base material or on the welding head.

The study conducted for the thesis allowed the development of an industrial cladding technology using Inconel 625 in an automated mode by designing and integrating of a standard automated welding equipment for the inner surfaces of oilfield equipments.

The study has been completed by testing different superalloys, namely Stellite 6, Inconel 600, Inconel 625 for which extensive lab analyses and testing have been conducted and the results synthesized to provide the conclusions for a suitable cladding procedure in automated mode.

Key words: valve, blowout preventer, welding load, MIG welding with pulsed arc regime; corrosion; acid medium with hydrogen sulfide; alloys; Inconel 600; 625 Inconel, Stellite 6; pulsed MIG arc automatically; MIG welding parameters; NACE standards.