



POLISH ACADEMY OF SCIENCES - MATERIALS SCIENCE COMMITTEE
SILESIA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY OF GLIWICE
INSTITUTE OF ENGINEERING MATERIALS AND BIOMATERIALS
ASSOCIATION OF ALUMNI OF SILESIA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Conference
Proceedings

11th INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE
ACHIEVEMENTS IN MECHANICAL & MATERIALS ENGINEERING

Wpływ obróbki cieplnej i azotowania na własności użytkowe gniazd i trzpieni mocujących stoły operacyjne

R. Domagała, E. Kalinowska-Ozgowicz

Zakład Inżynierii Materiałów Konstrukcyjnych i Specjalnych,
Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych, Politechnika Śląska
ul. Konarskiego 18a, 44-100 Gliwice, Poland

W pracy przeprowadzono obróbkę cieplną i azotowanie próbek ze stali 2H13. Stal ta jest stosowana przez Żywiecką Fabrykę Sprzętu Szpitalnego FAMED S.A na trzpienie i gniazda mocujące leże stołów operacyjnych i zabiegowych do ich podstawy. Elementy te narażone są w czasie eksploatacji na zużycie cierne, a także korozyjne w środowisku dezynfekującym. Przeprowadzono więc badania mające na celu określenie jak stosowana obróbka cieplna i azotowanie wpływa na własności użytkowe tych elementów tj. odporność na ścieranie i odporność na korozyjne oddziaływanie środowiska. Badania wykazały, że azotowanie tych elementów znacznie podnosi ich odporność na ścieranie, natomiast obniża odporność na zużycie korozyjne w porównaniu z materiałem ulepszonym cieplnie.

1. WSTĘP

W ostatnich latach badania w dziedzinie mechaniki, elektroniki, elektromechaniki, biomechaniki oraz fizyki molekularnej i innych przyczyniły się do znacznego rozwoju medycyny. Postęp w nauce i technice wpłynął zarówno na zakres pomocy udzielanej przez służby medyczne (metody leczenia, zabiegi) jak i na rozwój sprzętu medycznego. Rozwój i unowocześnienie sprzętu medycznego obejmuje także między innymi stoły operacyjne i zabiegowe. Dotyczy to materiałów, z których wykonuje się poszczególne elementy stołu, osprzętu montowanego do stołu oraz urządzeń sterujących i mechanizmów poruszających jego zespołami.

Stoły operacyjne powszechnie stosowane w latach 1970÷80 [1] były wykonywane ze stali konstrukcyjnych węglowych i stopów aluminium, a ustawianie ich odbywało się ręcznie. Współcześnie na elementy stołów stosowane są stale odporne na korozję [2], a poszczególne zespoły stołu ustawiane są za pomocą siłowników sterowanych elektronicznie (rys 1). Stoły operacyjne i inny sprzęt medyczny [3,4] poddawany jest myciu, dezynfekcji oraz sterylizacji. Zarówno środki czyszczące jak i dezynfekujące [5] nie są obojętnymi dla materiałów, z których wykonane są elementy składowe sprzętu medycznego. Wykorzystywane w szpitalach środki stwarzają agresywne środowisko korozyjne, przez co producenci sprzętu medycznego zmuszeni są do stosowania takich materiałów na elementy stołów i ewentualnie takiej obróbki powierzchniowej [6,7] tych elementów aby nie uległy one zniszczeniu korozyjnemu w przewidywanym okresie eksploatacji tego urządzenia. Jednym z

elementów stołów operacyjnych i zabiegowych narażonych na zużycie cieerne i korozyjne działanie środowiska dezynfekującego są gniazda i trzpienie mocujące leże z podstawą stołu (rys. 1).



Rys. 1. Uniwersalny stół operacyjny typu SU-02.0 [2]

Krajowy producent stołów tj Żywiecka Fabrykę Sprzętu Szpitalnego FAMED S.A aktualnie wykonuje te elementy z wysokochromowych stali odpornych na korozję gat. 2H13 [8]. Elementy te są poddawane ulepszeniu cieplnemu a ostatnio czynione są próby ich azotowania.

W pracy przeprowadzono badanie celem określenia jak wpływa zastosowana obróbka cieplna i cieplno-chemiczna na własności użytkowe gniazd i trzpieni mocujących stoły operacyjne.

2. WYNIKI BADAŃ I ICH OMÓWIENIE

Badania przeprowadzono na próbkach pobranych z pręta o średnicy 12 mm. Próbki poddano hartowaniu z temperatury 990°C w oleju i odpuszczaniu w temperaturze 660°C w czasie 1 godziny. Część próbek po ulepszeniu cieplnym poddano azotowaniu w piecu wglębnym z wymuszonym obiegiem atmosfery gazowej $\text{NH}_3 + \text{N}_2$, w temperaturze 500°C w czasie 36 godzin.

Badania metalograficzne mikroskopowe wykazały, że stal w stanie ulepszonym cieplnie posiada strukturę martenzytu wysokoodpuszczonego i węgliku (rys 2 i 3). W stali poddanej hartowaniu, odpuszczaniu i azotowaniu na powierzchni występuje warstwa fazy $\epsilon + \gamma'$, pod nią znajdują się wydzielenia azotków w martenzycie wysokoodpuszczonym (rys 4 i 5) a jeszcze głębiej martenzyt wysokoodpuszczony, obserwuje się wyraźne przejście między warstwą naazotowaną a rdzeniem.

Pomiary mikrotwardości dokonane na przekroju poprzecznym próbek azotowanych przy użyciu mikrotwardościomierza PMT-1 zgodnie z PN-EN ISO 6507-1 pozwoliły na określenie zmian twardości w funkcji odległości od powierzchni i określenie grubości warstwy azotowanej (rys 6).

Grubość efektywna warstwy azotowanej określona zgodnie z PN-82/M-04550 jako odległość od powierzchni do miejsca o określonej twardości, wyższej niż twardość rdzenia, wynosi ok. 0,2 mm.



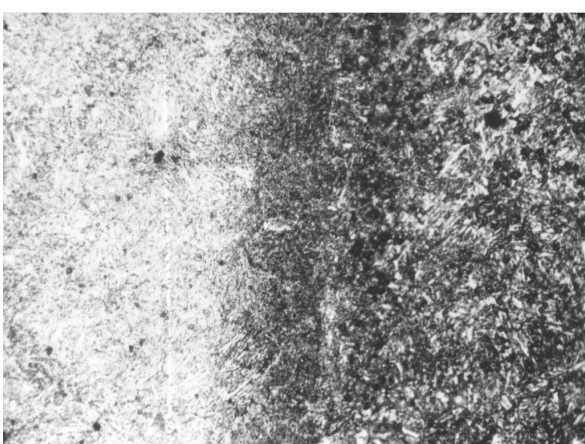
Rys. 2. Struktura stali po hartowaniu z temp. 990°C w oleju i odpuszczaniu w temp. 660°C. Martenzyt wysokoodpuszczony. Traw. Chlorek żelaza Pow. 500x



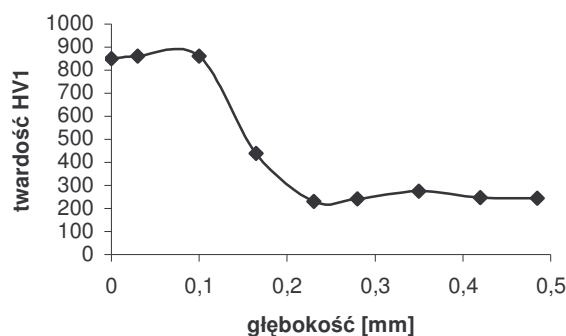
Rys. 3. Struktura stali po hartowaniu z temp. 990°C w oleju i odpuszczaniu w temp. 660°C. Martenzyt wysokoodpuszczony. Traw. Chlorek żelaza Pow. 1000x



Rys. 4. Struktura stali ulepszonej cieplnie i azotowanej w temp. 500°C, 36h. Od powierzchni: faza $\epsilon+\gamma$, faza α z wydzieleniami azotków, martenzyt wysokoodpuszczony. Traw. Chlorek żelaza Pow. 200x



Rys. 5. Struktura stali ulepszonej cieplnie i azotowanej w temp. 500°C, 36h. Warstwa przejściowa między warstwą azotowaną a rdzeniem. Traw. Chlorek żelaza Pow. 500x



Rys. 6. Zmiany mikrotwardości w funkcji odległości od powierzchni próbki azotowanej

Pomiary zużycia ściernego wykonano na maszynie Skoda-Savine wg PN-67/M-04306 na próbkach w stanie ulepszonym cieplnie i azotowanych. Wyniki pomiarów odporności na ścieranie zestawiono w tablicy 1.

Tablica 1
Wyniki pomiaru odporności na ścieranie

Lp.	Rodzaj próbki	Objęściowe zużycie próbki VL [mm ³]
1	Próbki hartowane 990°C/20 min/olej i odpuszczone w 660°C 1 godz. powietrze	0,444
2	Próbki ulepszone cieplnie jw. azotowane w 500°C 36 godz.	0,032

Badanie korozyjne przeprowadzono w celu porównania odporności korozyjnej próbek ze stali 2H13 w stanie ulepszonym cieplnie i próbek azotowanych.

Próbki stali zanurzano w pięciu różnych roztworach najczęściej stosowanych w szpitalach do dezynfekcji stołów operacyjnych, na czas 792 godziny (33 dni). Próbki wyjmowano z cieczy dezynfekujących co 264 godziny (11 dni) i usuwano z nich produkty korozji. Następnie je mierzono i ważono.

W badaniach stosowano następujące środki dezynfekujące:

- Septacid firmy Impuls-Gdańsk:
 - w stężeniu 2%,
 - w temperaturze pokojowej,
 - o składzie: kwas nadoctowy, nadtlenek wodoru,
- Aldewir firmy Septoma:
 - w stężeniu 10%,
 - w temperaturze pokojowej,
- Incidin Liquid Spray firmy Henkel Hygiene GmbH:
 - w postaci nie rozcieńczonej,
 - w temperaturze pokojowej,
 - o składzie: 35g 2-propanol, 25g 1-propanol,
- Descosal P firmy Dr. Schumacher GmbH:
 - w stężeniu 2%,
 - w temperaturze pokojowej,
 - o składzie: 25% chlorek dimetylobenzyloaminiowy, 10% glikosal, 15% aldehyd gluutarowy,
- Aldizol firmy Septoma:
 - w stężeniu 5%,
 - w temperaturze pokojowej.

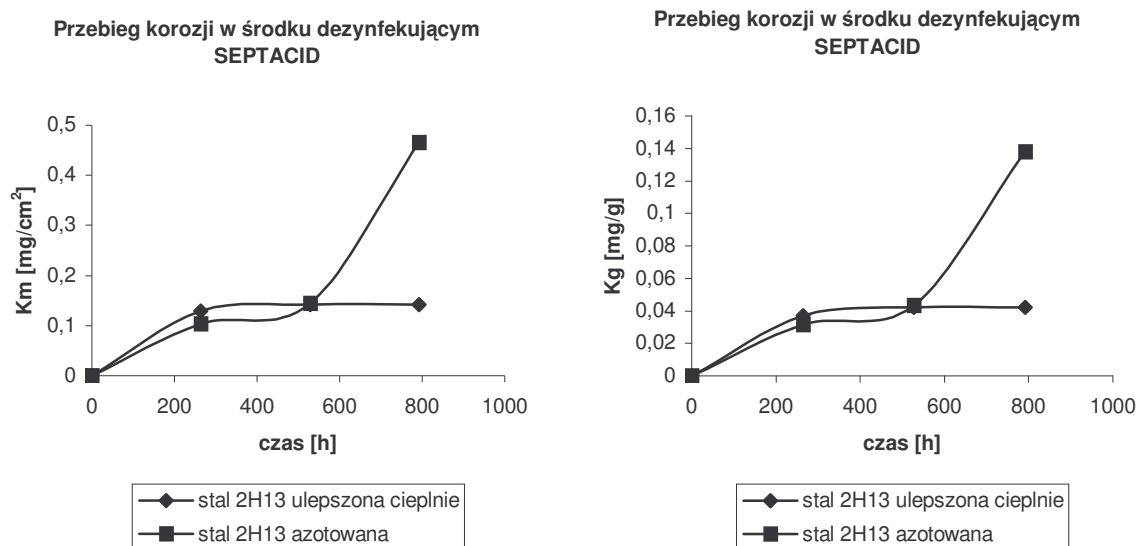
Stężenia i temperatura środków dezynfekcyjnych były zgodne z wartościami użytkowymi.

Wyniki oceny zmian masy poszczególnych próbek w czasie w stosunku do pola powierzchni próbki oraz w stosunku do masy początkowej zestawiono w tablicy 2. Przebieg zmian ubytków korozyjnych z upływem czasu eksperymentu w niektórych środkach dezynfekujących przedstawiono na rys 7 i 8.

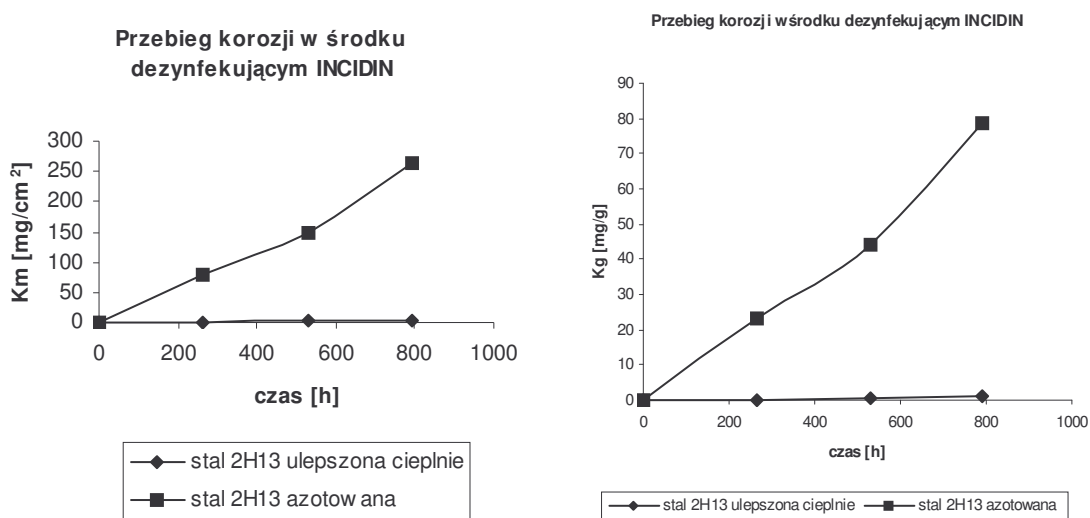
Tablica 2

Wyniki badań korozji stali 2H13 w stanie ulepszonym cieplnie i azotowanej w twmp. 500°C w czasie 36 godzin.

Środek dezynfekcyjny	Nr i rodzaj próbki	Ubytek masy próbki Km [mg/cm ²] po czasie:			Ubytek masy próbki Km [mg/g] po czasie:		
		264 h	528 h	792 h	264 h	528 h	792 h
Septacid	1.ulepszana cieplnie	0,1290	0,1424	0,1424	0,0370	0,0422	0,0422
	2. azotowana	0,1040	0,1445	0,4660	0,0315	0,0435	0,1381
Aldewir	3.ulepszana cieplnie	1,2025	2,2400	3,3247	0,3557	0,6626	0,9833
	4. azotowana	46,3609	84,5074	174,9356	13,7526	25,0685	51,8935
Incidin	5.ulepszana cieplnie	0,9348	2,1735	3,2486	0,2772	0,6446	0,9635
	6. azotowana	77,8103	148,2024	263,0110	23,2781	44,3370	78,6837
Descosal P	7.ulepszana cieplnie	0,0469	0,0939	0,1408	0,0138	0,0277	0,0416
	8. azotowana	1,5212	3,5572	5,6869	0,4529	1,0591	1,6932
Aldizol	9.ulepszana cieplnie	0,4235	0,5411	1,3175	0,1264	0,1615	0,3932
	10. azotowana	3,2764	8,1207	13,1523	0,9713	2,4075	3,8992



Rys. 7. Przebieg zmian korozyjnych ubytków masy w środku dezynfekującym SEPTACID stali 2H13 w stanie ulepszonym cieplnie i azotowanym



Rys. 8. Przebieg zmian korozyjnych ubytków masy w środku dezynfekującym INCIDIN stali 2H13 w stanie ulepszonym cieplnie i azotowanym

3. ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

Przeprowadzone badania wykazały, że azotowanie zwiększa 12-krotnie odporność stali 2H13 na zużycie ściernie [10] w porównaniu do stali w stanie tylko ulepszonym cieplnie. Badania korozyjne przeprowadzone w najczęściej stosowanych przez szpitale środkach dezynfekujących wykazały, że w początkowej fazie procesu korozyjnego niemal we wszystkich środowiskach odporność korozyjna próbek azotowanych jest tylko nieznacznie mniejsza od odporności próbek w stanie ulepszonym cieplnie. Jednak wraz z upływem czasu trwania eksperymentu rosła też różnica między odpornością korozyjną próbek azotowanych a odpornością próbek w stanie ulepszonym cieplnie na niekorzyść tych pierwszych (rys 7 i 8). Analiza wyników wykazała więc, że chociaż azotowanie znacznie podnosi odporność na zużycie ściernie to jednak wyraźnie obniża odporność stali na korozyjne działanie środków dezynfekujących stosowanych przez szpitale. Jest to decydujący czynnik aby zabiegu azotowania nie stosować do trzpieni i gniazd mocujących leża stołów operacyjnych i zabiegowych do ich podłoża.

LITERATURA

1. BN-70/5943-13: Stół operacyjny składany.
2. A. Kuzmirowski, A. Wójcik: Stoły operacyjne, Blok operacyjny, 1, 1999.
3. Hauptkatalog Meyra: Rallstuhle und rehabilitationsmittel, 1997.
4. Products Catalog: Endoscopy Division, 1999.
5. Prospekty reklamowe: Sposoby dezynfekcji w komorach dezynfekcyjnych różnych firm.
6. G. Pucki i inni: Teoretyczne podstawy korozji materiałów, Warszawa 1997.
7. S. Tkaczyk i inni: Powłoki ochronne, Gliwice 1994.
8. PN-71/H-86029: Stale odporne na korozję.
9. PN-67/M-04306: Oznaczenie odporności na zużycie na maszynie typu Skoda-Savine.
10. A. Gierek: Zużycie ściernie metalowych elementów roboczych, Gliwice 1993.