

Zdzisław ŚWIDERSKI

CNTK, Warszawa

BADANIA NAD ZWIĘKSZENIEM TRWAŁOŚCI EKSPLOATACYJNEJ SZYN KOLEJOWYCH

Streszczenie. Jednym z podstawowych czynników wpływających na trwałość i niezawodność pracy szyn w torze jest jakość metalurgiczna stali szynowej, jej właściwości mechaniczne, występowanie wad, szczególnie przypowierzchniowych, wielkość i rozkład naprężeń własnych w szynach. Badania nad zwiększeniem trwałości szyn mają na celu sprawdzenie efektów wprowadzania zmian procesów technologicznych wytwarzania szyn polepszających ich jakość.

1. PARAMETRY OKREŚLAJĄCE TRWAŁOŚĆ SZYN

Trwałość szyn kolejowych ograniczona jest poprzez osiągnięcie dopuszczalnego zużycia lub narastające uszkodzenia (złamania) szyn i osiągnięcie przez nie pewnej granicznej liczby złamań przypadającej na 1 km toru w ciągu roku (kryterium lawinowego pęknięcia szyn). Może zaistnieć również przypadek ułożenia szyn z wadami powodującymi niebezpieczne dla eksploatacji awarie i wówczas cała partia takich szyn musi być natychmiast wyjęta z toru. W celu zapobieżenia niebezpiecznym awariom została rozwinięta na PKP kontrola defektoskopowa szyn podczas ich eksploatacji. Każdy ujawniony przypadek uszkodzenia szyn był i jest badany pod kątem przyczyny jego powstania, a następnie wspólnie z producentem szyn ustalane są konieczne do wprowadzenia zmiany w technologii ich produkcji w celu usunięcia wad, ewentualnie wprowadza się środki kontroli przy odbiorze szyn w celu ograniczenia możliwości przedostania się do eksploatacji wadliwych szyn.

W praktyce występują również częste przypadki konieczności wymiany szyn na całym odcinku linii spowodowane uszkodzeniem innych elementów toru, np. podkładów, złącz lub podtorza, ale wówczas nie stanowi to o utracie trwałości szyn, lecz całego toru. Badania nad trwałością szyn, tj. nad przedłużeniem trwałości szyn w ujęciu badań przyczyn ich uszkodzeń w eksploatacji i sposobów ich uniknięcia ewentualnie ograniczenia, można utożsamiać z badaniami jakości metalurgicznej szyn. Badania tego rodzaju prowadzone są od początku istnienia kolei żelaznej i będą zawsze aktualne

z uwagi na ciągły rozwój nauki i techniki w zakresie poznania zjawisk z dziedziny mechaniki i fizyki z jednej strony, a z drugiej - na ciągły rozwój środków transportu wykazujący tendencje wzrostu obciążenia torów, zwiększenia nacisków na oś i zwiększania prędkości jazdy pociągów. Nie bez znaczenia są zagadnienia ekonomiczne i wpływ postępu w technice metalurgicznej na możliwość polepszenia jakości wyrobów bez znacznego zwiększenia kosztów produkcji, a obecnie dochodzi duża konkurencja na europejskim rynku hutniczym.

2. JAKOŚĆ METALURGICZNA SZYN

Jakość metalurgiczną szyn określa zespół własności kształtowanych przez proces wytapiania, odlewania, walcowania na gorąco, wykańczania na zimno i ostateczne zastosowanie lub nie procesu obróbki cieplnej. Na jakość metalurgiczną szyn mają wpływ: zawartość gazów w stali (wodór, tlen, azot), zawartość i segregacja pierwiastków składowych stali, głównie węgla, manganu, krzemu, fosforu, siarki, ale również takich dodatków jak Cr, Ni, Cu, Ti, V, Mo, Al, zanieczyszczenia stali wtrąceniami niemetalicznymi, ich ilość, rodzaj, budowa i rozkład, mikrostruktura stali uzyskiwana po walcowaniu na gorąco i po obróbce cieplnej, własności mechaniczne, jakość powierzchni tocznej szyny (wady stalownicze i walcownicze), naprężenia własne (po prostowaniu szyn), ich wielkość i rozkład na przekroju i na długości szyny.

2.1. Gazy w stali szynowej

Wpływ wodoru w stali na trwałość eksploatacyjną szyn był najwcześniej zbadany. Powoduje on poprzez wydzielanie się podczas stygnięcia gotowych szyn duże naprężenia w skali poszczególnych ziarn doprowadzające do wewnętrznych mikropęknięć i rozwoju pęknięć zmęczeniowych podczas eksploatacji szyn. Stwierdzono, że aby uniknąć pęknięć wodorowych, należy ograniczyć zawartość wodoru w ciekłej stali do 2,5 ppm. Zarówno w Hucie Kościuszko, jak i Hucie Katowice zainstalowano urządzenia do próżniowego odgazowania stali dające zawartość wodoru poniżej 2 ppm.

Wpływ zawartości azotu na własności eksploatacyjne szyn nie został jednoznacznie udowodniony. Wiadomo, że pod względem zmiany rozpuszczalności w stali zachowuje się podobnie jak wodór, ale jego zawartość w stali jest minimalna i nie stwierdza się wad w postaci nieciągłości spowodowanych wydzielaniem azotu, jedynie jeżeli nie zostanie związany przez dodanie do ciekłej stali pierwiastków azotkotwórczych (Al, V, Ti) jego wydzielanie powoduje powstanie stanu naprężeń w sieci krystalicznej, a w efekcie następuje wzrost twardości stali i obniżenie jej własności plastycznych, tzn. starzenie stali. Z drugiej strony dodatki azotkotwórcze powodują wydzielanie się mikrocząsteczek na granicach ziarn i hamując

ruch dyslokacji powodują pożądaną umocnienie stali, rozdrobnienie ziarna (hamując jego wzrost), ale również stanowią zarodki mikropęknięć obniżających wytrzymałość kontaktowo-zmęczeniową szyn.

Tlen w stali, pochodzący zarówno z procesu wytopienia, jak i rozlewania stali, jest bardzo szkodliwy i usuwa się go poprzez: proces wstępnygo odtleniania, tzw. świeżenia stali, proces odgazowania próżniowego i proces końcowego odtleniania używając różnych odtleniaczy - przede wszystkim glinu, stopów krzemu, wapnia z wanadem lub tytanem oraz odlewanie stali w atmosferze ochronnej.

2.2. Skład chemiczny stali i segregacja pierwiastków

Trwałość szyn limitowana ich zużyciem poprzez ścieranie występujące szczególnie w łukach o małym promieniu, na dużych spadkach lub wzniesieniach jest związana ze strukturą stali i jej wytrzymałością na rozciąganie. Zwiększanie zawartości węgla do 0,8% powoduje uzyskanie struktury w pełni perlitycznej, pozbawionej wydzieleni miękkiego ferrytu o dużej wytrzymałości ($R_m = 900-1000$ MPa) ale jednocześnie zmniejsza się plastyczność stali, maleje uduerność, stal staje się krucha. Dodatki stopowe takie jak Mn (powyżej 1%), krzem (powyżej 0,4%), nieznaczna ilość takich pierwiastków jak Cr, V, Ti, Nb powodują również wzrost wytrzymałości i odporności na ścieranie przy mniejszej zawartości węgla, a przez to większej plastyczności.

Segregacja węgla, manganu i siarki na przekroju szyny jest ograniczona do strefy wokół osi symetrii szyny, natomiast segregacja fosforu powoduje pasmowość struktury. W pasmach wzbogaconych w fosfor stwierdza się wyższą twardość stali i zmniejszone własności plastyczne. Stopień segregacji w szynach zależy od procesu ich produkcji, jest on większy przy odlewaniu dużych wlewków (w Hucie Katowice 12,5t), na zachodzie Europy zastosowano do produkcji szyn proces ciągłego odlewania stali (COS), który jest przewidywany również w Hucie Katowice.

2.3. Zanieczyszczenia stali wtrąceniami niemetalicznymi

Za najbardziej niebezpieczne uważa się wtrącenia twarde i kruche np. współczynnik koncentracji naprężeń wokół twardego i kruche go korundu (Al_2O_3) jest dwa razy większy niż wokół plastycznych siarczków i krzemianów [1]. Szczególnie niebezpieczne jest, jeżeli tlenki glinu tworzą wtrącenia łańcuskowe o długości ponad 2 mm i rozmiarach cząstek 30-60 μm . W szynach ze stali martenowskiej nie odgazowanej próżniowo i odtlenianej glinem w 60% wytopów stwierdza się łańcuszki wtrąceń tlenkowych dłuższe od 4 mm, a ich gęstość wynosi 8-9 mm/cm^2 . Po zastosowaniu do odtleniania stopów kompleksowych zawierających wapń i wanad zmniejszono prawdopodobieństwo występowania długich łańcusczków wtrąceń tlenkowych oraz ich gęstości do 2,5 mm/cm^2 , co spowodowało wzrost wytrzymałości kontaktowo-

zmęczeniowej szyn o 20-25% (badanych na okręgu doświadczalnym). Szyny ze stali wytapianej w Hucie Katowice w konwertorze tlenowym, odgazowanej próżniowo, odtlenianej glinem w ilości 200 g/tonę, przedmuchiwaną argonem w kadzi, charakteryzującą się gęstością wtrąceń tlenkowych również nie przekraczającą $2,5 \text{ mm/cm}^2$, a prawdopodobieństwo natrafienia na łańcuszek wtrąceń dłuższy od 4 mm wynosi 0,05.

Stal szynowa odlewana metodą ciągłą (COS) charakteryzuje się mniejszym zanieczyszczeniem łańcuszkowymi wtrąceniami tlenkowymi, ponadto poprawia się jakość powierzchni szyn (brak rozprysków dających łuski). W krajach EWG zabronione jest używanie do odtleniania aluminium, a stal podlega argonowaniu i mieszanemu magnetycznemu. Szyny z takiej stali powinny charakteryzować się wysoką wytrzymałością kontaktowo-zmęczeniową.

2.4. Mikrostruktura stali

W stali perlitycznej o strukturze płytkowej mogą występować dwa mechanizmy pęknięcia: przez utworzenie dyslokacyjnego mikropęknięcia na granicach kolonii perlitu lub przez ścinanie płytek cementytu [2]. Dąży się do uzyskania struktury rozdrobnionego perlitu, dla którego stosunek średnicy kolonii perlitu (d_p) do grubości (t_c) płytek cementytu $\frac{d_p}{t_c} < 550$.

Zmniejszenie wielkości ziarna perlitu poniżej krytycznej, przy jednoczesnym zmniejszeniu odległości międzypłytkowych, umożliwia specjalną obróbkę cieplną, tzw. perlityzacja o odpowiednio dobranej prędkości chłodzenia z temperatury austenizacji. Stwierdzono, że inne struktury niż płytkowe (odpuszczony martenzyt, bainit) charakteryzują się przy tej samej wytrzymałości ($R_m \sim 1200 \text{ MPa}$) i twardości $\sim 350 \text{ HB}$ znacznie gorszą odpornością na zużycie oraz na zmęczenie kontaktowe.

2.5. Własności mechaniczne stali szynowej

Jak już wspomniano wyżej, własności wytrzymałościowe stali szynowej zależą od jej struktury, a ta od składu chemicznego i obróbki cieplnej. Dla szyn ze stali St90PA (oznaczenie wg normy UIC860-900A) w stanie surowym wymagana jest wytrzymałość na rozciąganie $R_m = 900-1000 \text{ MPa}$ przy wydłużeniu min $A_5 = 10\%$, dla szyn obrabianych cieplnie (po perlityzacji): $R_m = 1100-1250 \text{ MPa}$, $A_5 > 12\%$, twardość = 320-370 HB, udarność $KCU_{20} > 25 \text{ J/cm}^2$.

Odporność na zużycie szyn przez ścieranie jest tym większa, im wyższa jest wytrzymałość, natomiast wytrzymałość na zmęczenie tylko dla gładkich próbek jest proporcjonalna do wytrzymałości na rozciąganie, dla elementów pracujących przy obciążeniach dynamicznie zmiennych zależna jest od oddziaływania istniejących karbów geometrycznych i strukturalnych, jakości powierzchni oraz podatności stali do kruchego pęknięcia (wytrzymałość na pęknięcie - K_{Ic}).

Wytrzymałość na pęknięcie dla szyny K_{CS} można określić analizując wielkość pęknięcia zmęczeniowego [3]:

$$K_{CS} = \frac{M_s \cdot \sigma \cdot \sqrt{\pi a}}{\sqrt{Q}} \quad (\text{MPa} \cdot \sqrt{\text{m}}) \quad (1)$$

gdzie:

$$M_s = 1,12 - 0,09 \cdot \frac{a}{c}$$

$$Q = 1 + 1,464 \left(\frac{a}{c}\right)^{1,65}$$

a i c - krytyczne wielkości głębokości i długości pęknięcia zmęczeniowego,

σ - maksymalna wartość naprężenia działającego w miejscu pęknięcia (suma naprężeń własnych i od obciążenia zewnętrznego).

Dla stali szynowej wartość K_{IC} zmniejsza się w miarę wzrostu zawartości węgla i spadku temperatury. Odporność na pęknięcie ma bezpośredni wpływ na szybkość rozwoju pęknięć zmęczeniowych:

$$\frac{da}{dN} = C_o \cdot \Delta K_{IC}^n \quad (2)$$

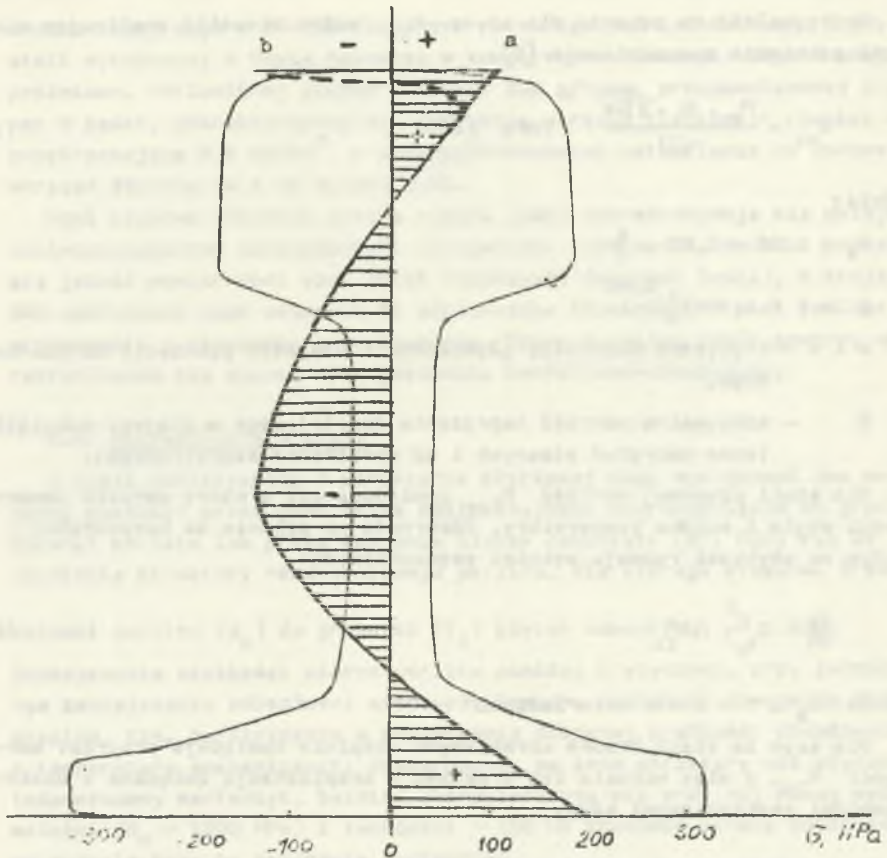
gdzie C_o i n - stałe materiałowe.

Dla szyn ze stali St90PA obrabianych cieplnie następuje przyrost wartości K_{IC} , a więc wzrasta ich trwałość w eksploatacji związana z uszkodzeniami zmęczeniowymi szyn.

2.6. Naprężenia własne szyn

Szyny podczas stygnięcia po walcowaniu z uwagi na niesymetryczne rozłożenie mas w główce i stopce wykrzywają się i muszą być prostowane na zimno w dwu płaszczyznach.

Prostowanie szyn odbywa się poprzez ich przeginięcie podczas przejścia między rolkami prostownicy. Zabieg ten powoduje powstanie naprężeń własnych o rozkładzie pokazanym na rys. 1. W czasie eksploatacji wskutek zgniotu powierzchni tocznej powstałe podczas prostowania w główce szyny naprężenia rozciągające ulegają zmianie na ściskające, ale tylko do pewnej niewielkiej głębokości (rys. 1). Naprężenia własne podczas eksploatacji sumują się z naprężeniami od obciążeń zewnętrznych, co wpływa na obniżenie wytrzymałości zmęczeniowej oraz zwiększa możliwość powstawania kruchych pęknięć. Szyny obrabiane cieplnie są także poddawane zabiegowi prostowania. Rozkład naprężeń (rys. 2) jest zbliżony do rozkładu w szynach surowych, jednakże wartości maksymalne są niższe dzięki stosowaniu zabiegu odprężania w temp. ok. 450°C.

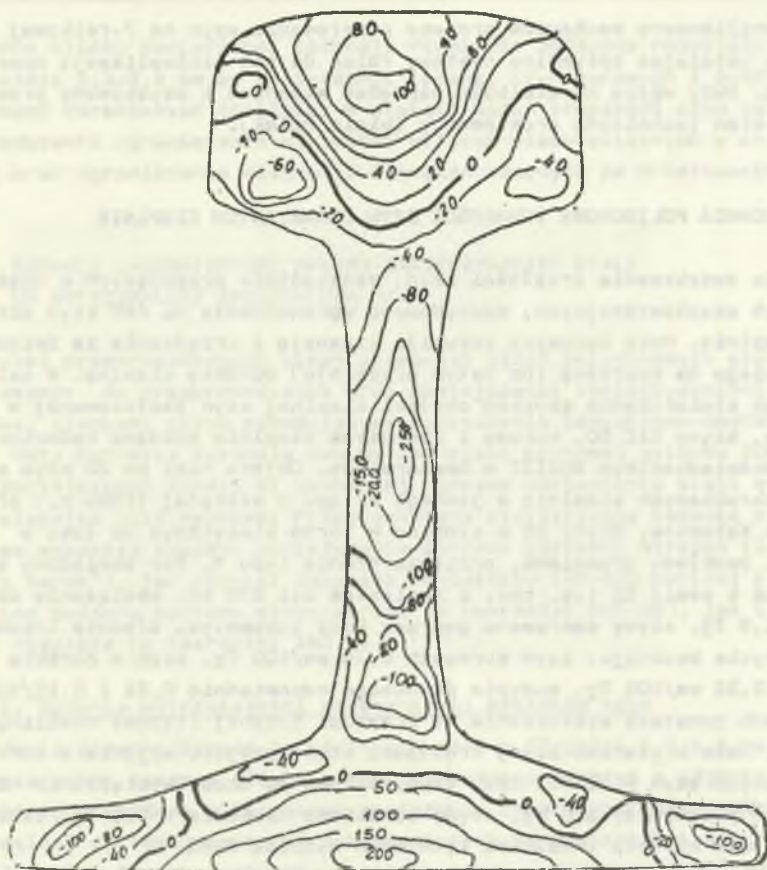


Rys. 1. Rozkłady wzdłużnych naprężeń własnych na przekroju szyny
 a) w stanie surowym (po prostowaniu), b) po eksploatacji

Fig. 1. Longitudinal residual stress distribution on the cross-section of
 a rail
 a) before exploitation, b) after exploitation

W eksploatacji zauważono powstawanie kruchych pęknięć wzdłużnych szynki szyny spowodowanych dużymi naprężeniami własnymi rozciągającymi szynkę. Do kontroli wielkości naprężeń własnych rozciągających szynkę w Związku Radzieckim oraz w Stanach Zjednoczonych wprowadzono próbę rozcinania wzdłużnego szynki na długości 40 cm odcinka szyny o długości 60 cm i pomiarze wielkości rozchylenia się rozciętych części na końcu odcinka. Wg GOST dopuszczalne rozchylenie nie może przekraczać 3,7 mm.

W Hucie Katowice zastosowano do kontroli poziomu naprężeń własnych nieniszczącą metodę pomiaru czasu przejścia fali ultradźwiękowej na pewnej długości szyny (20 cm) wykorzystując zjawisko, że naprężenia powodują



Rys. 2. Rozkład wzdłużnych naprężeń własnych na przekroju szyny obrabianej cieplnie

Fig. 2. Longitudinal residual stress distribution on the cross-section of a rail subject to thermal treatment

zmianę szybkości rozchodzenia się ultradźwięków w stali. Dla naprężeń mierzonych na środku powierzchni tocznej główki szyn obrabianych cieplnie ustalono wymaganie ograniczające ich dopuszczalną wielkość do 180 MPa.

Wykonano badania korelacji między naprężeniami wzdłużnymi i mierzonymi metodą ultradźwiękową na powierzchni główki, szyjki i stopki oraz wielkością rozchylania się przeciętej szyjki i ustalono, że istnieje ona dla pomiarów ultradźwiękowych wykonywanych na środku dolnej powierzchni stopki, a dopuszczalna wartość wynosi 250 MPa.

W celu zmniejszenia naprężeń własnych we Francji robiono próby prostowania szyn poprzez ich rozciąganie, uzyskano znaczne zmniejszenie poziomu naprężeń własnych, jednakże trudne jest dostateczne wyprostowanie szyn, a metoda okazała się zbyt kosztowna.

Przeanalizowano mechanizm procesu prostowania szyn na 7-rolkowej prostownicy ustalając optymalne nastawy rolek dające minimalizację naprężeń własnych. Duży wpływ na wielkość naprężeń własnych i uzyskiwaną prostotę szyn ma stan techniczny prostownicy (bicie rolek).

3. BADANIA POLIGONOWE TRWAŁOŚCI SZYN OBRABIANYCH CIEPLNIE

W celu zwiększenia trwałości szyn, szczególnie pracujących w ciężkich warunkach eksploatacyjnych, zdecydowano wprowadzenie na PKP szyn obrabianych cieplnie. Huta Katowice zakupiła licencję i urządzenie ze Związku Radzieckiego na wskrośną (na całym przekroju) obróbkę cieplną. W celu szybkiego stwierdzenia skutków obróbki cieplnej szyn zastosowanej w Hucie Katowice, szyny UIC 60, surowe i obrabiane cieplnie poddano badaniom na okręgu doświadczalnym WNIIZT w Szczerbince. Objęto nimi po 20 szyn surowych i obrabianych cieplnie z jednego wytopu z bieżącej (1986 r.) produkcji Huty Katowice. Szyny 25 m ułożono w torze klasycznym na łuku o $R = 600$ m, podkłady drewniane, przytwierdzenie typu K. Tor obciążony był pociągami o masie 12 tys. ton, z naciskiem osi 270 kN, obciążenie dzienne 1,6–1,8 Tg, szyny smarowano poprzez koła lokomotyw, średnia intensywność zużycia bocznego: szyn surowych 0,39 mm/100 Tg, szyn z obróbką cieplną 0,32 mm/100 Tg, zużycia pionowego odpowiednio 0,22 i 0,12/100 Tg. Na szynach powstały wykruszenia na krawędzi tocznej (typowy shelling - rys. 3). Jako kryterium oceny trwałości szyn przyjęto wyjęcie z toru uszkodzonych szyn w ilości 20%. Szyny surowe do czasu wystąpienia 20% uszkodzeń przeniosły 310 Tg, szyny obrabiane cieplnie - 755 Tg, tzn. współczynnik wzrostu trwałości tych szyn wyniósł 2,43.



Rys. 3. Uszkodzenia kontaktowo-zmęczeniowe szyn typu shelling
Fig. 3. Contact-fatigue damage of Shelling rail

Stwierdzono ponadto, że szybkość rozwoju uszkodzeń zmęczeniowo-kontaktowych szyn surowych jest 2 razy większa niż szyn z obróbką cieplną. Przyczynę powstania uszkodzeń zmęczeniowo-kontaktowych typu shelling były wtrącenia niemetaliczne w postaci tlenków aluminium tworzące łańcuszki

położone blisko powierzchni tocznej. Pęknięcia podłużne rozwijały się na głębokości 5,3-8,9 mm od powierzchni tocznej szyn surowych i 9-10 mm - w szynach obrabianych cieplnie. W efekcie badań trwałości szyn zażądano od producenta ograniczenia wielkości wtrąceń niemetalicznych w stali szynowej oraz ograniczenia wielkości naprężeń własnych po prostowaniu szyn.

4. BADANIA LABORATORYJNE WPŁYWU ZANIECZYSZCZEŃ STALI NA WYTRZYMAŁOŚĆ ZMĘCZENIOWĄ SZYN

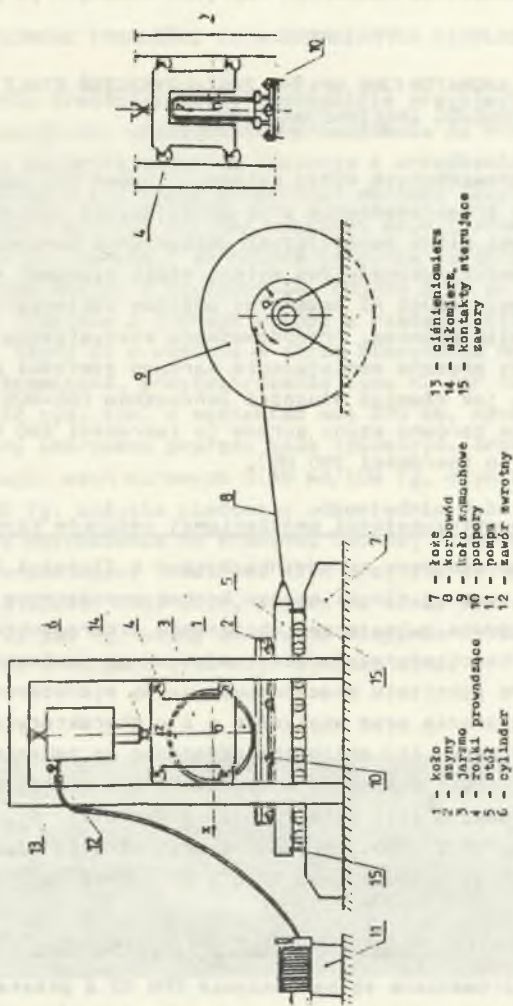
Wyniki przeprowadzonych wyżej opisanych badań poligonowych szyn UIC 60 dały asumpt do przeprowadzenia prób zmniejszenia zanieczyszczenia stali szynowej tlenkami glinu powodującymi uszkodzenia kontaktowo-zmęczeniowe szyn. Huta Katowice wykonała dwa wytopy stali szynowej gatunku 900A: 1) o zmniejszonej ilości Al podawanej podczas odtleniania stali oraz 2) zastępując glin wapniem. Przeprowadzone statystyczne badania mikroskopowe wykazały znaczne zmniejszenie zarówno gęstości wtrąceń tlenkowych ($< 1,5 \text{ mm/cm}^2$), jak również długości łańcuszków (80-90% poniżej 2 mm). Badaniom poddano zarówno szyny surowe (o twardości 280 HB), jak i obrabiane cieplnie (o twardości 350 HB).

4.1. Badania wytrzymałości zmęczeniowej odcinków szyn

Badania przeprowadzono na odcinkach szyn o długości 1,2 m z naciętym na powierzchni tocznej główki ostrym karbem poprzecznym o głębokości 2 mm. Odcinki szyn poddano pulsującemu obciążeniu czteropunktowego zginania o maksymalnej wartości naprężeń rozciągających na powierzchni główki szyny $\sigma_z = 200 \text{ MPa}$. Po pęknięciu zmęczeniowym szyny wyznaczono ilość zmian obciążeń (N) do złamania oraz wielkości a i c charakteryzujące pęknięcia zmęczeniowe. Ze wzoru (1) obliczono odporność na pęknięcie dla czterech rodzajów badanych szyn: 2 sposoby odtleniania i 2 stany: surowy i po obróbce cieplnej. Widoczna jest mała różnica w wartości K_{CS} dla obu sposobów odtleniania (39,8 i 39,1 $\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$) i brak wzrostu odporności na pęknięcie po obróbce cieplnej (odpowiednio 38,5 i 38,2 $\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$).

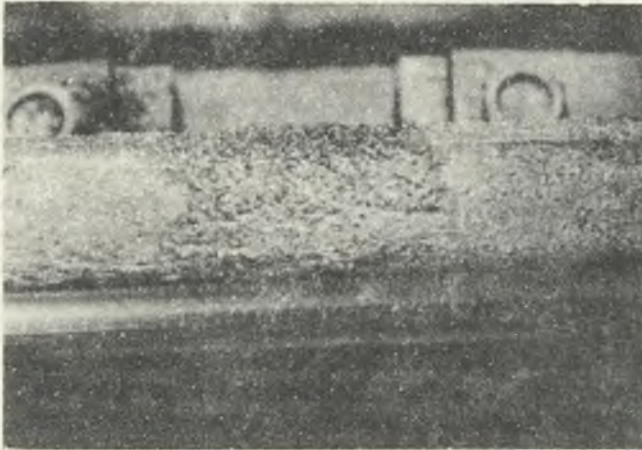
4.2. Badania wytrzymałości kontaktowo-zmęczeniowej

Badania przeprowadzane są na maszynie EMS 60 z przetaczającym się po szynie kołem dociskany hydraulicznym siłownikiem (rys. 4). Odcinek 2 m szyny zamocowany jest na stole maszyny wykonującym ruch posuwisto-zwrotny na długości 1 m. Dodatkowy układ hydrauliczny umożliwia przykładanie obciążenia cyklicznie, w trakcie ruchu stołu tylko w jedną stronę. Właściwe prace doświadczalne poprzedzone zostały analizą sił w rzeczywistym kontakcie koło-szyrna i opracowaniem na tej podstawie metody wywierania obciążeń na badane szyny na maszynie EMS 60 [4]. Przy zastosowaniu



Rys. 4. Schemat działania maszyny EMS 60
 Fig. 4. The operational scheme of machine EMS 60

toroidalnego profilu koła obciążającego o promieniu w strefie kontaktu $R = 15$ mm oraz obciążenia 300 kN/oś, uzyskano po $0,5 \cdot 10^6$ cyklach przetoczenia obciążenia powstanie w szynach zarówno surowych, jak i obrabianych cieplnie (a więc bardziej odpornych na zmęczenie) uszkodzeń zmęczeniowo-kontaktowych typu head checking (rys. 5). Zaobserwowano, że szyny



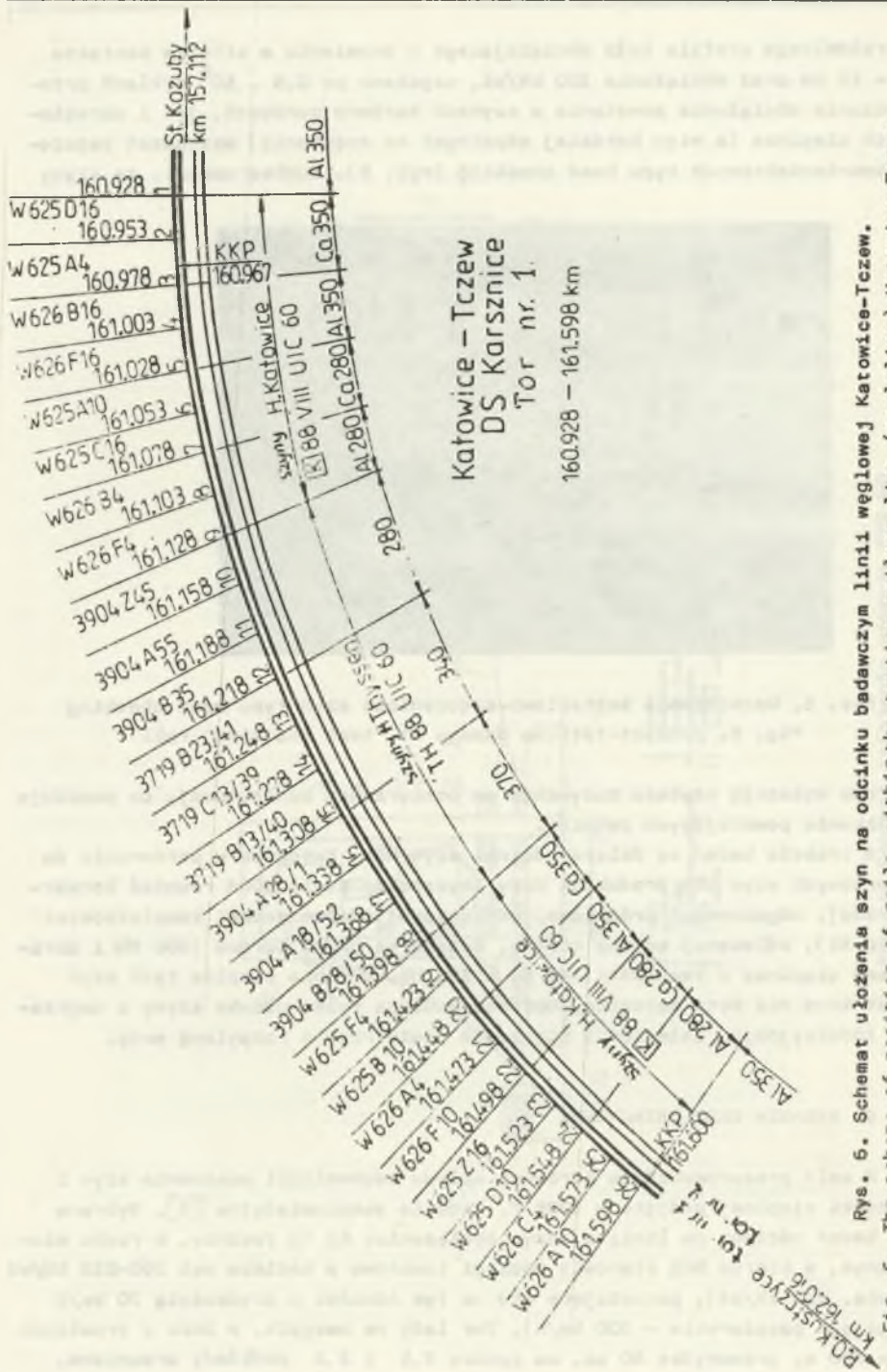
Rys. 5. Uszkodzenie kontaktowo-zmęczeniowe szyn typu head checking
Fig. 5. Contact-fatigue damage of "head checking" rail

surowe wykazują szybsze zużywanie na powierzchni kontaktowej, co powoduje zanikanie powstających pęknięć.

W trakcie badań są dalsze odcinki szyn Huty Katowice w porównaniu do wzorcowych szyn ORE produkcji Huty Thyssen ze stali 900A również konwertorowej, odgazowanej próżniowo, odtlenianej odtleniaczami kompleksowymi (bez Al), odlewanej metodą ciągłą. Badane są szyny surowe (280 HB) i obrabiane cieplnie o twardości 340 HB i 370 HB. Obróbka cieplna tych szyn jest inna niż Huty Katowice. Obróbce podlega tylko główka szyny z nagrzewu indukcyjnego, chłodzenie sprężonym powietrzem z rozpyloną wodą.

5. BADANIA EKSPLOATACYJNE

W celu przeprowadzenia porównań wpływu technologii wykonania szyn i obróbki cieplnej podjęto w 1988 r. badania eksploatacyjne [5]. Wybrano do badań odcinek na linii o dużym obciążeniu: 65 Tg rocznie, o ruchu mieszanym, w którym 80% stanowią pociągi towarowe o nacisku osi 190-210 kN/oś (maks. 225 kN/oś), poruszające się na tym odcinku z prędkością 70 km/h (pociągi pasażerskie - 100 km/h). Tor leży na nasypie, w łuku o promieniu $R = 780$ m, przechyłka 80 mm, na spadku 5,6 i 2,2 podkłady drewniane,



Rys. 6. Schemat ułożenia szyn na odcinku badawczym linii węglowej Katowice-Tczew.

Fig. 6. The scheme of position of rails, within the testing railway line (coal-line) Katowice-Tczew.

przytwierdzenie typu K. Szyny zostały pozgrzewane, w zgrzewalni - w odcinku 200 lub 270 m i w torze - za pomocą samojezdnej zgrzewarki PRSM-3. Do toru ułożono je w październiku 1988 r. Na rys. 6 jest pokazana kolejność ułożenia szyn HK odtlennianych Al lub Ca, surowych o twardości 280 HB i obrabianych cieplnie - 350 HB oraz Huty Thyssen surowych 280 HB i obrabianych cieplnie - 340 HB i 370 HB. Szyny nie są smarowane.

Okresowo wykonywane są pomiary zużywania się profilu główki szyn w 3 przekrojach każdej szyny, prostoliniowość złącz zgrzewanych (każdego złącza), zmiany szerokości toru dla co piątego podkładu, zmiany naprężeń własnych urządzeniem DEBRO na powierzchni tocznej dla każdej odmiany szyny; przeprowadzana jest także kontrola defektoskopowa i wizualna inicjacji uszkodzeń. Pomiary takie przeprowadzono dotychczas trzykrotnie, ostatni raz w maju 1990 r. po przeniesieniu 90 Tg obciążenia całkowitego. Maksymalne zużycie pionowe szyn surowych nie przekracza 1 mm (boczne do 5 mm), nie stwierdzono niebezpiecznych uszkodzeń, jedynie na powierzchni krawędzi tocznej główek szyn surowych (280 HB), leżących w toku zewnętrznym zauważa się powstanie ukośnie przebiegających rys typu head checking podobnych do otrzymanych w opisanych już próbach symulowanych w laboratorium. Zakładając utrzymanie się pełnego obciążenia linii rzędu 60 Tg rocznie uzyskanie pełnych wyników planuje się w latach 1992-1993.

Szyny obrabiane cieplnie w Hucie Katowice były układane w latach 1986-1987 na odcinkach linii w łukach o małym promieniu ($R = 219$ m, 187 m, 181 m), na których wykazały trwałość (odporność na zużycie) tego samego rzędu, co szyny wykonane ze stali niskostopowej 110 Cr, tj. trzykrotnie większą niż szyny wykonane ze stali 900 A surowe. Nie stwierdzono w nich żadnych innych uszkodzeń.

LITERATURA

- [1] Wielikhanow A.W., Wlijanije metalurgiczeskich faktorow na miechanizm wozniknowienija kontaktno-ustalośnych powrieżdzenij rel'sow. Konferencja-Szkoła: "Teoretyczne i doświadczalne podstawy prognozowania trwałości pary koło-szyna", Spała 1987.
- [2] Mieskow J., Pacharienko G.: Struktura metala i chrupkost' stalnych izdielij. Naukowa Dumka, Kijew 1985.
- [3] Raport Nr 1 ORE D156. Faktoren, die die Bruchzähigkeit der walznenen Schienen beeinflussen. Utrecht 1984.
- [4] Piotrowski J.: Modification of the EMS 60 testing machine to simulate rolling contact loads in service. International Conference on Residual Stress in rails. Kraków 1990.
- [5] Świderski Z.: Control of rails checks on the Tczew-Katowice heavy haul line. International Conference - jak wyżej.

Recenzent: Prof. Henryk Bałuch

RESEARCH ON THE DURABILITY INCREASE OF RAILS

Summary

The metallurgical quality of steel for rails is one of the essential factors determining their durability and reliability. This refers to mechanical properties, the occurrence of faults, especially those close to the surface, the magnitude and distribution of residual stresses. The research on the durability increase of rails aim at proving influence technology of rail production has on their quality.

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ
ПРОЧНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ РЕЛЬСОВ

Резюме

Одним из основных факторов, влияющих на прочность и надежность работы путевых рельсов является металлургическое качество стали, из которой изготовлены рельсы, ее механические свойства, проявление недостатков — особенно околповерхностных, величина и распределение начальных напряжений в рельсах. Исследования по повышению прочности рельсов имеют целью проверку эффектов введения изменений в технологических процессах при производстве рельсов, улучшающих их качество.