ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1990

Seria: MECHANIKA z.103 Nr kol. 1112

Dominik Senczyk

Instytut Metaloznawstwa
Politechnika Poznańska

RELAKSACJA NAPRĘŻEŃ W SPRĘŻONYCH GRUBOŚCIENNYCH PIERŚCIENIACH STALOWYCH

Streszczenie. Badano proces relaksacji naprężeń we wstępnie sprężonych pierścieniach grubościennych. Stosowano metodę $\sin^2\psi$ i dyfraktometr rentgenowski wyposażony w specjalne urządzenia własnej konstrukcji. Stwierdzono, że w zakresie temperatur 423-923 K proces relaksacji w grubościennych pierścieniach ze stali 45 opisuje równanie (1). Dla stosowanych wartości względnego skurczu tych pierścieni i różnych temperatur wygrzewania określono wartości parametrów występujących w tym równaniu.

1. WPROWADZENIE

W wielu przypadkach elementy narażone na duże ciśnienia są wzmacniane w określony sposób. Częstym sposobem wzmocnienia jest wstępne sprężenie elementów za pomocą grubościennych pierścieni nałożonych skurczowo lub też wciśniętych na stożek. Konstrukcje takie spotkać można wśród narzędzi do obróbki plastycznej (np. wyciskania) na zimno różnych tworzyw metalicznych. W tym przypadku naciski jednostkowe dochodzą często do 3,5 GPa. Podobnie wzmacnia się lufy dział, zbiorniki ciśnieniowe i inne konstrukcje. Wywołany stan naprężeń może z biegiem czasu ulegać zmianom głównie wskutek wpływu temperatury. W związku z tym podjęto badania zmian naprężeń w wyniku relaksacji w zależności od temperatury i czasu jej wpływu na sprężone różnym skurczem stalowe pierścienie

2. STAN NAPRĘŻEŃ W SPRĘŻONYCH PIERŚCIENIACH GRUBOŚCIENNYCH

W nałożonym (np. na matrycę) pierścieniu skurczowym uzyskujemy rozciągające naprężenia obwodowe i ściskające naprężenia promieniowe, natomiast w matrycy występują ściskające naprężenia obwodowe i promieniowe.

Wobec faktu, że podczas procesu wyciskania stali na zimno następuje wzrost temperatury wyrobów i pracujących narzędzi, powstaje zagadnienie wpływu zarówno cyklicznie zmiennego ciśnienia wewnętrznego, jak i początkowo dużych, a po upływie pewnego czasu pracy niewielkich tętnień temperatury z tendencją do jej wzrostu mimo chłodzenia, na wielkość i rodzaj naprężeń istniejących we wstępnie sprężonych narzędziach do obróbki plastycznej. W tych warunkach można oczekiwać zajścia relaksacji naprężeń. Zajście tego zjawiska jest tym bardziej prawdopodobne przy wyciskaniu na gorąco, co wskazuje na ważność tego zagadnienia dla praktyki.

Wielkość naprężeń występujących w sprężonych grubościennych pierścieniach oraz wzory potrzebne do ich obliczenia podano w pracy [1]. Rozkład naprężeń w pierścieniach grubościennych po ich sprężeniu jest bardziej korzystny, aniżeli przed sprężeniem. Jeżeli dla swobodnego pierścienia obciążonego ciśnieniem wewnętrznym równym 1960 MPa naprężenie zastępcze, wyliczone według hipotezy energii odkształcenia czysto postaciowego, wynosi 3454 MPa, to w pierścieniu wstępnie sprężonym skurczem 0,005 i obciążonym tej samej wielkości ciśnieniem wewnętrznym naprężenie zastępcze dla jego wewnętrznej powierzchni wynosi 3186 MPa. Widzimy więc, że wstępne sprężenie zmniejszyło w tym przypadku naprężenie na wewnętrznej powierzchni pierścienia o 268 MPa.

3. METODYKA BADAŃ

Badaniom poddano pierścienie skurczowe (względny skurcz: 0,005 i 0,0075) ze stali 45, hartowanej i odpuszczonej do twardości 33-35 HRC, nałożone na pierścienie ze stali NC6, hartowanej i odpuszczonej do twardości 58-60 HRC.

Pomiarów naprężeń dokonano metodą rentgenograficzną z pomocą specjalnego dyfraktometru rentgenowskiego typu PSF1M firmy Rigaku-Japonia. Położenie linii dyfrakcyjnej określano metodą maksimów, przy czym dokonywano poprawienia natężenia linii dyfrakcyjnej w poszczególnych punktach pomiarowych ze względu na czynnik Lorentza, polaryzacyjny i absorbcyjny. Pierścienie skurczowe badano przy temperaturze 293 K oraz po wyżarzeniu przy temperaturze 423 K, 623 K, 773 K, 923 K w czasach do 400 godzin. Pomiarów naprężeń dokonywano na bocznej powierzchni pierścienia skurczowego w połowie jego wysokości oraz na powierzchni podstawy w punktach położonych na okręgach o średnicy 75 mm i 90 mm. Dokonano również pomiaru stałych sprężystości s_1 i s_2 niezbędnych w pomiarach naprężeń metodą rentgenograficzną.

4. WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

Zmierzone stałe sprężystości martenzytu w stali 45 mają wartości: $s_1 = -1{,}300\ MPa^{-1}$, $1/2\ s_2 = 5{,}978\ MPa^{-1}$. W literaturze brak wartości tych stałych dla podobnej stali. Tylko w pracy [2] można znaleźć zależność wartości stałej s_2 od zawartości węgla w stali. Dla stali zawierającej 0,43% C prowadzi ona do wartości $5{,}522\ MPa^{-1}$, a więc wartość zmierzona jest jej bliska.

Pomiary naprężeń w pierścieniach skurczowych, przechowywanych przy temperaturze 293 K przez czas 10800 godzin (450 dni), wykonywane w odstępach co 720 godzin (30 dni) nie wykazały ich relaksacji.

W przypadku podwyższonych temperatur stwierdzono relaksację naprężeń, przy czym okazało się, że:

- zależności $\sigma(t)_{T = const}$ mają charakter wykładniczy,
- w przypadku skurczu 0,0075 relaksacja przebiega intensywniej niż dla skurczu 0,005.

Analiza krzywych relaksacji naprężeń prowadzi do wniosku, że pod względem fizycznym mogą one być opisane równaniem postaci:

$$\sigma(t)_{T = const} = \sigma_k + (\sigma_p - \sigma_k)e^{-mt}, \qquad (1)$$

gdzie: σ_p – początkowa wartość naprężenia,

σ_k – końcowa (dla nieskończenie długiego czasu) wartość naprężenia,

m – stała o wymiarze s^{-1}.

5. WNIOSKI

Uzyskane doświadczalnie krzywe relaksacji i ich analityczny opis jest zgodny z zależnościami procesu relaksacji naprężeń od takich czynników, jak temperatura i czas relaksacji oraz wielkość naprężeń.

Przeprowadzone badania pozwalają na wnioskowanie dotyczące czasu skutecznego wzmocnienia pierścieni skurczowych poddanych wpływowi określonych temperatur i mają znaczenie np. dla wyciskania metali na gorąco. W tym przypadku można oczekiwać, że skuteczność wzmocnienia pracującej matrycy przez pierścień skurczowy będzie mniejsza dla długo pracujących narzędzi i wysokich temperatur.

LITERATURA

[1] Tychowski F., Senczyk D., Annales of the CIRP, 1971 v.21 No 1 pp.49.
[2] Prümmer R., Macherauch E., VDI-Berichte, 1966 No 102 S. 45 – 49.

РЕЛАКСАЦИЯ МАКРОНАПРЯЖЕНИЙ В СЖАТЫХ ТОЛСТЫХ КОЛЬЦАХ

Р е з ю м е

Выполнены исследования процесса релаксации макронапряжений существующих в предварительно сжатых толстых кольцах. Эти исследования выполнены по методу $\sin^2\psi$ с помощью рентгеновского дифрактометра, снабженного специальным приспособлением. Исследования показали, что в пределе температур 423 - 923 K процесс релаксации макронапряжений в толстых кольцах из стали содержащей 0.43% C, описывает уравнение (1). Для применяемых значений относительного сжатия этих колец и разных температур отжига определили значения всех величин в этом уравнении.

MACROSTRESS RELAXATION IN COMPRESSED THICK-WALLED RINGS

S u m m a r y

The macrostress relaxation process in preliminary compressed thick-walled rings has been investigated. This examinations were carried out by the method $\sin^2\psi$ with the aid of an x-ray diffractometer equiped with a special appliance. The investigations showed, that in the temperature range 423-923 K the macrostress relaxation process in thick-walled rings made from steel 0.43% C is defined by the equation (1). For the applied values of the ratio of concentration of those rings and their different annealing temperatures were evaluated all parameters appearing in the above equation.