



The second Joint Conference of
12th Iranian Metallurgical
Engineers Society Annual
Congress

and
20th Iranian Foundry Society
Seminar

Islamic Azad University
Karaj Branch

2008, 18-19 November

ABSTRACTS

Dr. Mehrdad Abbasi



انجمن مهندسين متالورژی ايران
انجمن علمي ريخته گري ايران
دانشگاه آزاد اسلامي واحد كرج

همایش ملی مهندسی مواد، متالورژی و ریخته گری ایران

تأثیر نرخ کرنش روی تغییر فرم پلاستیک فولاد ابزار K310 در دمای بالا

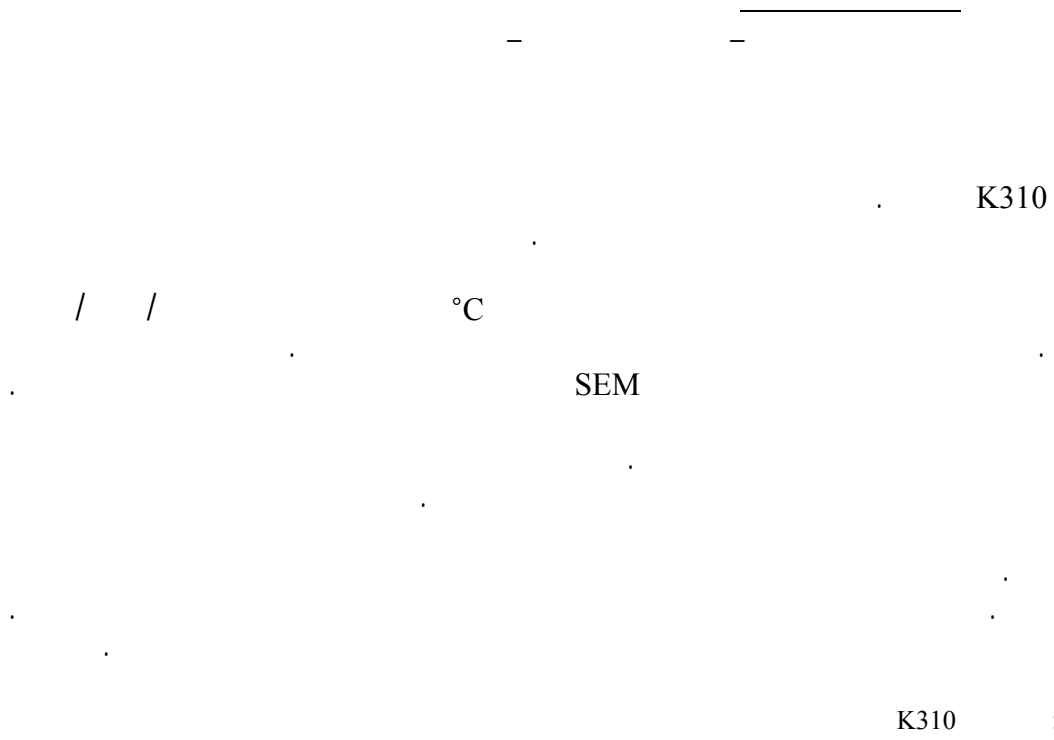
حمید رضا عزت پور^۱، محسن حداد سبزواری^۲، سید عبدالکریم سجادی^۳

چکیده

از جمله فولادهای جدیدی که در ساخت غلتکهای نورد سرد مورد استفاده قرار می‌گیرد فولاد ابزار سردکار K310 می‌باشد. تاکنون رفتار مومسانی این آلیاژ در دماهای بالا مورد مطالعه قرار نگرفته و در نتیجه اطلاعات چندانی در این باره منتشر نگردیده است. هدف این تحقیق بررسی تأثیر نرخ کرنش روی رفتار تغییر فرم این آلیاژ در دمای بالا و مطالعه میزان این تأثیر روی این رفتار و نیز تبلور مجدد آن می‌باشد. به این منظور، آزمایش فشار داغ پیوسته در دمای 1100°C و نرخ کرنشهای 0.01 ، 0.1 و 1 انجام شد. همچنین سختی سنجی نمونه‌ها پس از تغییر فرم و کوینچ انجام گرفت. مطالعات ریزساختاری نیز به کمک میکروسکوپیهای نوری و الکترونی SEM جهت مطالعه پدیده تبلور مجدد صورت پذیرفت. آنالیزهای نموداری انجام شده، وابستگی استحکام، کارسختی، بازیابی دینامیکی و تبلور مجدد دینامیکی را به دما و نرخ کرنش فرایند نشان می‌دهد. انرژی اکتیواسیون بدست آمده از آنالیز تابع سینوس هایپربولیک به خوبی با انرژی اکتیواسیون تئوری مطابقت داشت. نتایج این تحلیل نشان داد، در دمای ثابت، درصد کار نرمی با افزایش نرخ کرنش کاهش می‌یابد، به طوری که در نرخ کرنش 1 ، کار نرمی مشاهده نشد. نتایج میکروساختاری نیز نشان داد که در دمای ثابت، با کاهش نرخ کرنش، اندازه دانه ریزتر می‌شود. همچنین نتایج سختی بیانگر افزایش مقدار سختی با افزایش نرخ کرنش در دمای ثابت بود. هر سه نتیجه بالا، نشان دهنده افزایش درصد تبلور مجدد دینامیکی با کاهش نرخ کرنش می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: فولاد ابزار، K310، تغییر فرم داغ، بازیابی دینامیکی، نرخ کرنش، تبلور مجدد دینامیکی

K310



K310 :

1

2

3

(DRX)

(DRV)

%

()

[]

[]

[]

(εc)

DRX

[]

K310

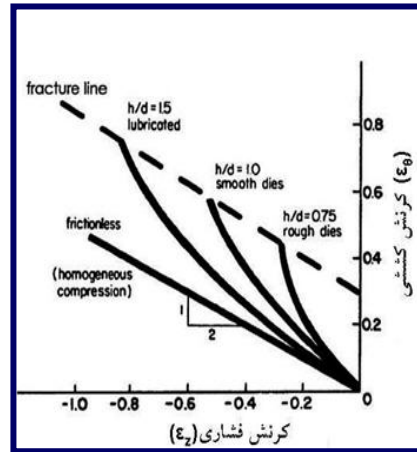
DRX

K310

K310

K310

C	Si	Mn	Mo	Cr
0.83	0.45	0.4	0.3	1.9



[]

s^{-1} / /

Zwick/Roel/Z250

°C

[]

s^{-1} / /

°C

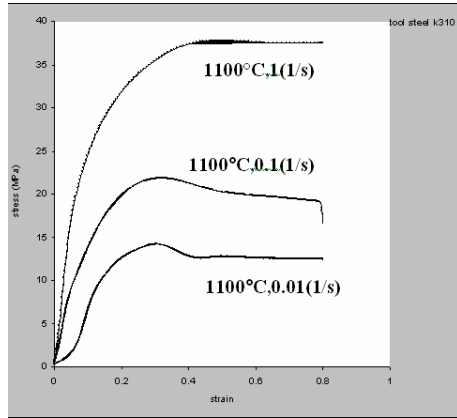
K310

]

.[

.()

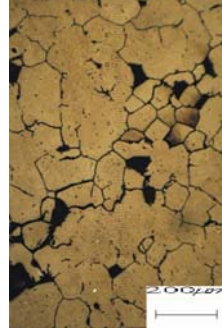
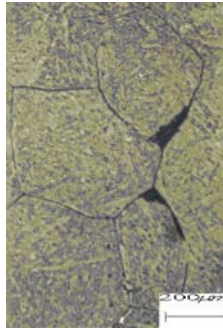
.[]



. (1/s) / /

°C K310

(



K310

(

. / (1/s)

(

s⁻¹

°C

/ / /

[]

M M6C M23C6 K310

M23C6

[] 1200HV0.02

K310

1500HV0.02

M6C

Sinh

K310

[]

$$A(\text{Sinh} \alpha \sigma)^n = \dot{\epsilon} \exp\left(\frac{Q_{HW}}{RT}\right) = Z \quad ()$$

$$A, A', A'', \alpha \left(\approx \frac{\beta}{n'}\right), n, n', \beta, Q_{HW}, R = \text{const}$$

n

K310

n

[]

n

/ M2

/ A2

/

() Sinh

α

n

/ x (MPa)⁻¹

α

[]

/ K310

OHW

M2

[]

M6C

$$\frac{\rho_m}{\dot{\epsilon}}$$

[]

$$\epsilon_c = a \epsilon_p$$

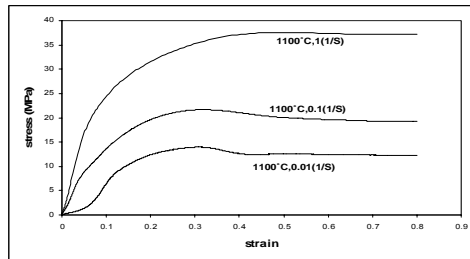
$$Z = \dot{\epsilon} \exp\left(\frac{Q_{WH}}{RT}\right) = A' \exp(\beta \sigma) \quad ()$$

()

$$\ln \frac{\dot{\epsilon}_2}{\dot{\epsilon}_1} = \frac{\sigma_2}{\sigma_1} \quad (\sigma_p) \quad ()$$

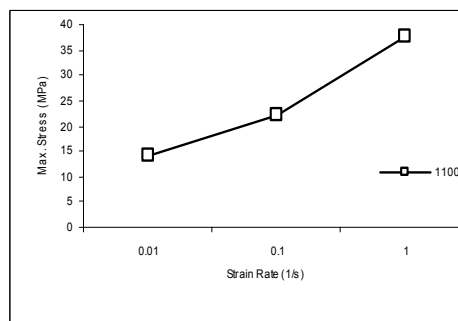
()

() s^{-1} $^{\circ}C$



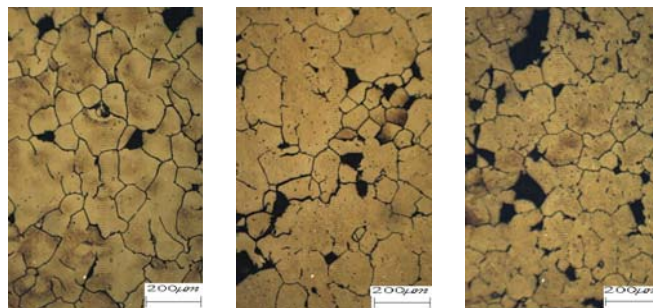
(1/s) / /

(



K310

(



K310

(

(1/s) (/ (1/s) (/ (1/s) (



(

.[]

as-cast

°C

K310

.[]

M2 A2

.[]

.()

A2

M2

/) D2

K310

.[]

() W1

(°C

°C

$$\begin{aligned}
& \text{DRX} \\
& \text{K310} \\
& \text{QDRX} \\
& \sigma_{SS} \text{ QDRX} \\
& \text{QDRX} \\
& \text{QHW} \\
& \text{QDRX} \\
& \sigma_P \text{ QHW} \\
& \text{QDRX} \\
& \sigma_{SS} \\
& \text{K310} \\
& \text{K310} \\
& \text{s}^{-1} \\
& \left(\frac{Kj}{mol} \right) \text{QHW} \quad \left(\frac{Kj}{mol} \right) \text{QDRX}
\end{aligned}$$

1. H.J. McQueen, 'Elevated Temperature Deformation at Forming of 10^{-2} to 10^2 s^{-1} ', Metallurgical and Materials Transaction A, vol. 33A, 2002, 345-362.
2. B. Voyzelle, 'Hot Deformation Behavior of Alloys for Application at Elevated Temperature', PhD Thesis, Queen's Uni., Kingston, Ontario, Canada, 1999, 1-205. Proc. Tech
3. H.J. McQueen, N.D. Ryan, 'Constitutive Analysis In Hot Working', Materials Sci. and Eng. A, vol. A322, 2002, 43-63,.
4. H.J. McQueen, 'Development of Dynamic Recrystallization Theory', Materials Sci. and Eng. A, vol. A387-389, 2004, 203-208.

5. C.A.C. Imbert, N.D. Ryan, H.J. McQueen, 'Hot Workability of Three Grades of Tool Steels', *Metallurgical Transaction A*, vol. 15A, 1984, 1855-1864.
6. C.A.C. Imbert, H.J. McQueen, 'Dynamic Recrystallization of A2 and M2 Tool Steels', vol. A313, 2001, 104-116.
7. C.A.C. Imbert, H.J. McQueen, 'Peak Strength, Strain Hardening and Dynamic Recrystallization of A2 and M2 Tool Steels in Hot Deformation', *Materials Sci. and Eng. A*, Vol. A313, 2001, 88-103.
8. C.A.C. Imbert, H.J. McQueen, 'Hot Ductility of Tool Steels', *Canadian Metallurgical Quarterly*, vol. 40, No. 2, 2001, 235-244.
9. M. Mataya, E. Nilsson, E. Brown, G. Krauss, 'Hot Working and Recrystallization of As-Cast 317L', *Metallurgical and Materials Transaction A*, vol. 34A, 2003, 3021-3041.
10. N.C. Mataya, V.E. Sackschewsky, 'Effect of Internal Heating During Hot Compression on The Stress-Strain Behavior of Alloy 304L', *Metallurgical and Materials Transaction A*, vol. 25A, 1994, 2737-2752.
11. H.J. McQueen, S. Fulop, G. Gurewitz, *High Temp. Tech.*, Vol. 2, 1997, 131-138.
12. D. Zaho, S. Tangrila, M. Thirukonnda, K.G Anand, K.C Berden, 'Flow Behavior and Critical Strain for Dynamic Recrystallization In HY-100 Steel', Vol. XXXIII, 1996, 669-667.
13. C.A.C. Imbert, H.J. McQueen, 'Flow Curves and Dynamic Recrystallization of Tool Steel D2, Hot workability of steels and light alloys Proc. of Int. Conf., CIM, 1996', 451-458.
14. S.K. Samanta, 'Effect of Strain Rate on Compressive Strength of Tool Steel at Elevated Temperatures', *Deformation under Hot Working Conditions Conf. Proc.*, Sheffield Uni., 1966, 122-130.
15. C. Mataya, E.R. Nilsson, E. Brown, G. Krauss, 'Hot Working and Recrystallization of As-Cast 317L', *Metallurgical and Materials Transaction A*, Vol. 34, No. 3, 2003, 3021-3041.
16. N. Cabanas, N. Akdut, J.Penning, B.C. DeComan, 'High Temperature Deformation Properties of Austenitic Fe-Mn Alloys', *Metallurgical and Materials Transaction A*, Vol. 37A, 2006, 3305-3315.
17. G. Kugle, M. Tercelj, P. Fajfar, 'Flow Stress Prediction of Hot Compressed Tool Steel by CAE And Hyperbolic-Sine Equation', Vol. 44, 2005, 261-268.
18. L.E. Murr, E.V. Esqu, 'Review of Observation of Common Microstructural Issues Associated With Dynamic Deformation Phenomena:Twins, Microbands, Grain Size Effects, Shear Bands And Dynamic Recrystallization', Vol. 39, 2005, 1153-1168.
19. P.D. Hodgson, D.C. Collinson, B.A. Parker, 'The Deformation and Recrystallization Behavior of Austenite during Hot Rolling', *Advances in hot deformation and microstructures*, The minerals metals and materials society, 1994, 41-61.
20. F.J. Humphreys, M. Hatherly, 'Recrystallization and Related Annealing Phenomena', Pergamon, 1966.

Influence of strain rate of hot deformation on mechanical properties and microstructural of K310 cold work tool steel

H.R. Ezatpour⁴, M. Hadad Sabzevar⁵, S.A. Sajjadi⁶

Department of Materials Engineering Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

h.r.ezatpour@gmail.com

sajjadi@um.ac.ir

haddadm@um.ac.ir

Abstract

Continuous hot compression tests were performed at range of 900-1100°C and strain rate of 0.01, 0.1 and $1 s^{-1}$ to study hot deformation behavior and flow stress model of a cold work tool steel(K310). The dependence of the peak stress, initial stress, steady state stress, peak strain and dynamic recrystallization on Zener-Hollomon parameter were obtained. The function relating stress and strain rate is generally the hyperbolic sine since the power and exponential laws lose linearity at high and low stresses, respectively. The Results show that increase in strain rate leads to increase in peak stress and decrease in peak strain and activation energy for dynamic recrystallization. According to microstructural results, in constant temperature, by increment of strain rate, enhancement of dynamic recrystallization and finer grains are achieved. Moreover, in constant temperature, the role of carbides in grain boundaries as the centers of nucleation of new grains become more crucial.

Keywords: Tool Steel; Hot deformation; Strain rate; Dynamic Recrystallization

⁴ MSc. Student

⁵ Assistant Prof.

⁶ Associate Prof.