



دانشگاه صنعتی شریف
دانشکده مهندسی و علم مواد

آزمایشگاه خواص مکانیکی مواد مهندس جعفر مهدی اخگر - گروه F (چهارشنبه‌ها)

آزمایش شماره ۴: بررسی تاثیر نرخ کرنش بر خواص مکانیکی

تاریخ انجام آزمایش: ۱۴۰۴/۰۹/۱۲

مسیح شیخی

۴۰۲۱۰۰۸۵۹

اثر این یافته و طبق رابطه مذکور، پس این مقدار بالا می رود که باعث انتقال تغییرات سطح به نواحی مجاور و نسبت پلاستیسیته می گردد.
بر اساس محاسبه تغییر بار ممتد m در دو روش، مقدار اول وجود دارد روش اول، بر پایه برش عمیق و اندازه گیری شش بر حسب گنجایش زخم کرنش، در
یک مقدار کرنش ثابت است که در آن شیب صفحه از منحنی سیر به برابر با m خواهد بود. روش دوم که به گزینش روشی که کرنش معروف است
بشکل تغییر ناگهانی سرعت دستگاه در حین انباشتگی است که با تغییرات انعطاف پذیری است که با استفاده از رابطه (۵) محاسبه
می شود (شکل ۲).

$$m = \ln \left(\frac{\sigma_2}{\sigma_1} \right) / \ln \left(\frac{\epsilon_2}{\epsilon_1} \right)$$

رابطه ۵

علاوه بر تغییرات استحکام و انعطاف پذیری ماده یا کرنش، شیب منحنی تغییرات بار نیز می تواند یکی از عوامل مؤثر در تغییرات استحکام و انعطاف پذیری باشد.
در این مقاله، کرنش می تواند متفاوت باشد، در اکثر موارد، تفاوت با سیر $\sigma - \epsilon$ ، (از منحنی بار تغییرات کرنش) معمولاً منجر به تغییر در کرنش (علاوه می شود)
در نهایت، بار انباشته شدن سطح تغییرات کرنش و توان و مقدار و حرکت از خواص اسکالری که به دست می آید.

خواصتهای آنرا بررسی می کنیم:

خواصه (۱) سرعتی های سطحی و کرنشی متوسطی مربوط به هر یک از اینها در شکل های ۵، ۶ آورده شده اند.

خواصه (۲) با توجه به اینکه سرعت تغییر طول نسبی از رابطه ۲ پیروی می کند، مقدار متوسطی از سرعت تغییر طول نسبی می توانیم محاسبه کنیم:

$$U = 0 \frac{\text{mm}}{\text{min}} \Rightarrow \dot{\epsilon} = \frac{0 \frac{\text{mm}}{\text{min}}}{22 \text{ mm}} = 0,0000 \frac{1}{\text{min}}$$

$$U = 20 \frac{\text{mm}}{\text{min}} \Rightarrow \dot{\epsilon} = \frac{20 \frac{\text{mm}}{\text{min}}}{22 \text{ mm}} = 0,9090 \frac{1}{\text{min}}$$

$$U = 50 \frac{\text{mm}}{\text{min}} \Rightarrow \dot{\epsilon} = \frac{50 \frac{\text{mm}}{\text{min}}}{22 \text{ mm}} = 2,2727 \frac{1}{\text{min}}$$

خواصه (۳) وقتی خواصه ۲ به ترتیب در شکل های ۵، ۶، ۷ آورده شود، می توانیم هر کدام از اینها را در جدول ۱ آورده شده اند.

لازم به ذکر است با توجه به نوعی است (مانند هر دو نوع دیگر از خاصیت)، انتقال هر دو در (احتمالاً خطی) و پس تبدیل به هر دو به صورتی با افزایش

نرخ کششی، افزایش یافته و کرنشی بیشتر می گاهش می آید. اما به دلیل خطای آشکاره دیگری در نتایج (احتمالاً در نتیجه بازرگانی) $(5 \frac{\text{mm}}{\text{min}})$

این جدول به دست نیامده است.

خواصه (۴) با توجه به مقدار بیشترین نیرو در شکل ۱۰، اعتبار آن به کرنشی $\frac{1}{2} \epsilon^*$ وابسته است. $\epsilon^* = 30 \text{ min}^{-1}$ و پس در جدول ۱ قرار می دهیم.

$$\sigma_y = 1,3088 (30) + 325,23 = 326,46$$

$$\epsilon = 0,5 \epsilon^* = 15 \text{ min}^{-1}$$

لازم به ذکر است که برای حذف خطای غلطی و در برابری شرایط قطعی، داده اولی و الحاقی در این

نقطه در صورتی که مقدار از سرعت تغییر طول ۷ با استفاده از حسابات در شکل زیر است:

$$V = 10 \frac{\text{mm}}{\text{s}} = 30 \frac{\text{mm}}{\text{min}} \Rightarrow \dot{\epsilon} = \frac{30 \frac{\text{mm}}{\text{min}}}{22 \text{ mm}} = 1,3636 \frac{1}{\text{min}} \Rightarrow \sigma_y = 326,46$$

خواسته ۵) برای اندازه گیری مقدار m با روش پرس و از روش شکل ۱۱. مقدار صورتی را از رابطه ۵ را بدست آورده و m را محاسبه می کنیم. لازم به ذکر است در داده های شکل ۱۱، یعنی اندازه ها که مربوط به تأخیر شکاف و همچنین سرعت است، ضرب شده تا مقدار پرسش به طور واضح مشخص گردد.

$$m = \frac{\ln\left(\frac{\sigma_r}{\sigma_i}\right)}{\ln\left(\frac{\dot{\epsilon}_r}{\dot{\epsilon}_i}\right)} = \frac{\ln\left(\frac{345.523 \text{ MPa}}{2556.187 \text{ MPa}}\right)}{\ln\left(\frac{1.52 \text{ min}^{-1}}{912 \text{ min}^{-1}}\right)} = 9.156$$

در روش دوم نیز می توان از روش شکل ۱۱ استفاده کرد که مقدار m را به دست می آید و نتایج آن را با روش اول مقایسه می شود. اما این حل با پرسش حساسی است و در کسرش مشخص است. ۱.۰۵ ، m را بدست می آوریم.

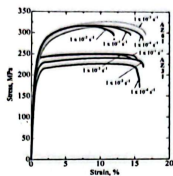
$$V = 5 \frac{\text{mm}}{\text{min}} \xrightarrow{e=0.1} \sigma = 411.52 \text{ MPa}$$

$$V = 10 \frac{\text{mm}}{\text{min}} \xrightarrow{e=0.1} \sigma = 412.24 \text{ MPa}$$

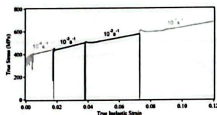
$$V = 50 \frac{\text{mm}}{\text{min}} \xrightarrow{e=0.1} \sigma = 418.07 \text{ MPa}$$

با توجه به خط بودن داده در شکل ۱۳ ، m را با سبب خط محاسب می کردیم.

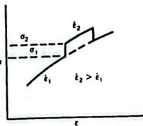
$$m = 9.045$$



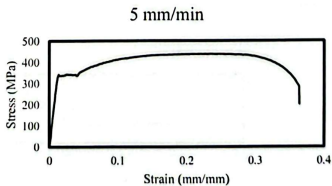
شکل ۱. نمودار تنش-کرنش در نرخ کرنش های مختلف. بازچاپ از منبع [1]



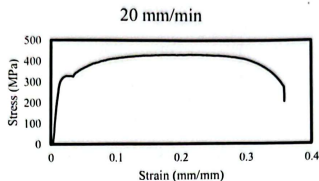
شکل ۲. تست پرش در اندازه گیری نرخ کرنش. بازچاپ از منبع [2]



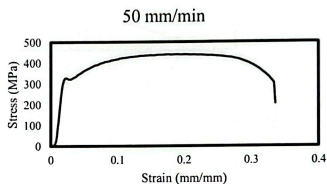
شکل ۳. تست پرش در اندازه گیری نرخ کرنش. بازچاپ از منبع [3]



شکل ۴. نمودارهای تنش-کرنش مهندسی برای سرعت 5 mm/min



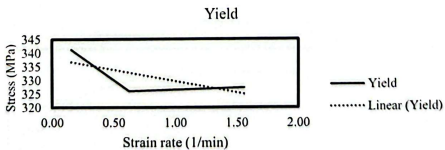
شکل ۵. نمودار تنش-کرنش مهندسی برای سرعت 20 mm/min



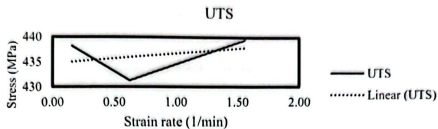
شکل ۶. نمودار تنش-کرنش مهندسی برای سرعت 50 mm/min

جدول ۱. مقادیر تسلیم، استحکام نهایی و شکست بر حسب نرخ کرنش

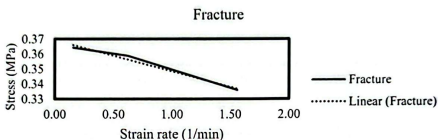
V (mm/min)	Strain rate (1/min)	Yield (MPa)	UTS (MPa)	Fracture Strain (mm/mm)
5	0.16	341.2353568	438.20021	0.364225
20	0.63	326.0442177	431.27551	0.35876875
50	1.56	327.2712146	439.48974	0.335925



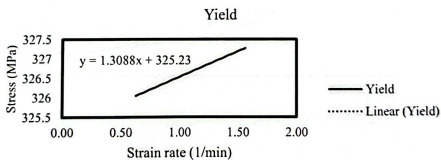
شکل ۷. نمودار تنش تسلیم بر حسب نرخ کرنش



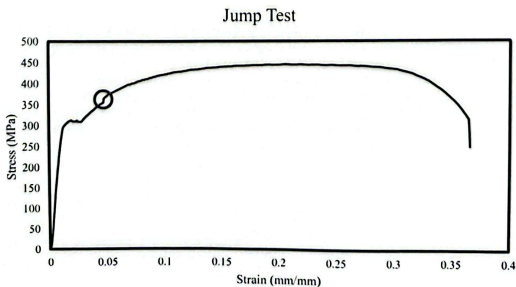
شکل ۸. نمودار تنش استحکام نهایی بر حسب نرخ کرنش



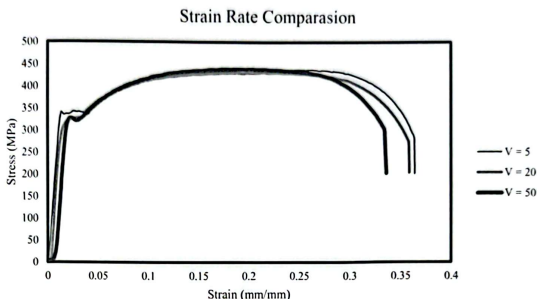
شکل ۹. نمودار کرنش شکست بر حسب نرخ کرنش



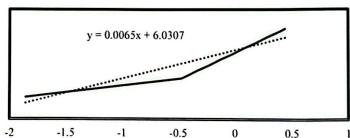
شکل ۱۰. نمودار تنش تسلیم بر حسب نرخ کرنش به همراه معادله خطی برازش شده



شکل ۱۱. نمودار تنش-کرنش مهندسی در تست پرش نرخ کرنش



شکل ۱۲. نمودار تنش-کرنش مهندسی در تست پرش نرخ کرنش



شکل ۱۳. نمودار لگاریتمی تنش بر حسب نرخ کرنش در کرنش مشخص ۰.۱

مراجع

1. Noradila, A. L., Sajuri, Z., Junaidi, S., & Mutoh, Y. (2013, June). Effect of strain rate on tensile and work hardening properties for Al-Zn magnesium alloys. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 46(1), 012031. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/46/1/012031>
2. Bal, B., B. Gumus, and D. Canadinc. "Incorporation of Dynamic Strain Aging Into a Viscoplastic Self-Consistent Model for Predicting the Negative Strain Rate Sensitivity of Hadfield Steel." *Journal of Engineering Materials and Technology* 139, no. 2 (2017): 021009. <https://doi.org/10.1115/1.4033072>.
3. Dieter, G. E., & Bacon, D. (1986). *Mechanical Metallurgy* (SI Metric ed.). McGraw-Hill.