

« نرخ کرنش »

نرخ کرنش (Strain rate) یکی از عوامل کلیدی در سست کشش است که می تواند به طور قابل توجهی خواص مکانیکی مواد را تحت تأثیر قرار دهد. این تأثیرات به ویژه در سازه های پلاستیکی، شکست و تحول های زیر ساختاری ماده در حین سست کشش نمود می یابد. نرخ کرنش معمولاً به صورت تغییر کرنش در واحد زمان بیان می شود و به شکل زیر تعریف می شود :

$$\dot{\epsilon} = \frac{d\epsilon}{dt}$$

رابطه 1. بیان نیروی نرخ کرنش

تأثیرات نرخ کرنش بر خواص مکانیکی مواد

اثرات استحکام تسلیم : اثرات نرخ کرنش معمولاً به اثرات استحکام تسلیم و مقاومت

کشش مواد منجر می شود. در نرخ های کرنش بالا، مواد زمان کافی برای تغییر شکل

پلاستیک نداشته و لذا به مقاومت بیشتری در برابر تغییر شکل نیاز دارند.

انرژی مواد مختلف : این اثر در فلزات و آلیاژها مانند فولاد، آلومینوم و تیتانیوم به خوبی

شاهد می شود اما پدیده ها را با یک هارنر متغیر نشان می دهند، در نرف های کرنش بالا ممکن است رنر تر در شکسته تری داشته باشند. کاهش داکتیلی، در نرف های کرنش بالا، داکتیله کاهش می یابد مدلی این کاهش، محدودیت زمانی برای لغزش و انحراف حرکت نابجایی است که باعث می شود ماده به شکست ترد نزدیک تر شود.

(Strain hardening) در نرف های کرنش پایین، مواد فرصت بیشتری برای تغییر شکل پلاستیک دارند که به سختی کرنشی بیشتری منجر شود و ماده را مقاوم تری سازد. اثرات نابجایی ها و تکیل کاربدها در نرفات، نرف های کرنش بالا منجر به اثرات نابجایی ها و احتمالاً تکیل کاربدها و سایر فازهای سخت در طول تغییر شکل می شود. بهترین مکانیزم شکست: با اثرات نرف کرنش، مکانیزم شکست از نوع شکست نرم به شکست ترد تغییر می کند. این تغییر به دلیل کاهش زمان برای تغییر شکل پلاستیک و تجمع تنش های داخلی است که باعث می شود ماده در برابر بارگذاری سریع به شکست ترد منجر شود.

بررسی اثر دما

محدوده دمای بالا: در دماهای بالا، اثر نرف کرنش به صورت کاهش استحکام

و اثرات داکتیلی فلایمی شود. در این شرایط، حرکت ناهای ها و مقاومت ها

آسان تر است و ماده را به تر به تغییر شکل پلاستیکی پردازد.

رنگار ماده در دهانه های پائین: در دهانه های پائین، اثرات نفع کرنش به شکستگی برتر

ماده ای انجامد، زیرا حرکت ناهای ها محدود تر شده و شکست زودتر رخ می دهد.

کاربرد نفع کرنش در صنعت:

ضایع خود در سازه: در این ضایع، نفع کرنش های بالا در ست های مقاوم و ایمنی خود

به کاری برود تا مقاومت مواد در برابر بارگذاری های ناگهانی را حفظ می شود.

هوا فضا و ضایع دفاعی: بررسی نفع کرنش در این ضایع اهمیت بالایی دارد، چرا که مواد باید

توانایی تحمل شرایط بارگذاری شدید ناگهانی را در موقعیت های بحرانی مانند پرتاب موشک

بایر جزو های هوایی داشته باشند.

روش های تنظیم اندازه گیری نفع کرنش: برای اعمال نفع کرنش های مختلف در ست

کشن، دستگاه های خاصی مانند ست کش برینورسال (Testing machine universal)

بجایگزینی کنترل نفع کرنش به کاری برود. در این دستگاه ها، نفع کرنش از طریق تنظیم سرعت

کشن و با استفاده از سیستم های کنترل به اندازه گیری می شود.

Subject

Date

به طور کلی نرخ کرنش نشان دهنده این در مقدار مکانیکی مواد انجای کند و بر استحکام، داکتیلته و نوع شکست تأثیر گذار است. افزایش نرخ کرنش به طور کلی منجر به افزایش استحکام و کاهش داکتیلته شده و در نرخ ها بسیار بالا منجر به شکست ترد می شود.

خواص 2:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{L-L_0}{L_0} \right) \quad \frac{L-L_0}{L_0} \Rightarrow \text{تیر طولی}$$

$$\dot{\epsilon} = \frac{d\epsilon}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{L-L_0}{L_0} \right) = \frac{1}{L_0} \frac{dL}{dt} = \frac{v}{L_0}$$

$$\text{Sample 1} = 5 \frac{\text{mm}}{\text{min}} \Rightarrow \dot{\epsilon} = \frac{5}{32} = 0.156 \frac{1}{\text{min}}$$

$$\text{Sample 2} = 20 \frac{\text{mm}}{\text{min}} \Rightarrow \dot{\epsilon} = \frac{20}{32} = 0.625 \frac{1}{\text{min}}$$

$$\text{Sample 3} = 50 \frac{\text{mm}}{\text{min}} \Rightarrow \dot{\epsilon} = \frac{50}{32} = 1.562 \frac{1}{\text{min}}$$

توضیح در مورد علت تغییرات (خواص 3 بخش دوم):

بررسی علت افزایش استحکام و تنه کشش با افزایش نرخ کرنش:

① محدودیت زمان برای حرکت نامناسبی ها، درنرخ کرنش های بالا، زمان کمی برای حرکت نامناسبی ها را لغزش دانسته و دارد. این مسئله باعث می شود ماده بتواند به طور کامل به تغییر شکل پلاستیک برده اند. نتیجه آن افزایش مقاومت ماده در برابر تغییر شکل و در نتیجه افزایش تنش تسلیم را استحکام تسلیم است.

درنرخ کرنش بالا، نامناسبی ها به جای اینکه به راحتی از موانع موجود در شبکه بلوری عبور کنند، دچار تراکم می شوند که این تراکم باعث افزایش مقاومت ماده می شود.

② فعال سازی مکانیزم های تقویت کته کوتاه مدت: درنرخ های کرنش بالا، مکانیزم های تقویت سختی (Strain hardening) و تقویت دینامیک (Dynamic strengthening) فعال ترین می شوند. حرکت سریع نامناسبی ها می تواند منجر به ایجاد سدهای جدید ماده معادل نامناسبی ها با یکدیگر یا با ذرات رسوبی شود که استحکام ماده را افزایش می دهد.

③ اثر دمای آدنایات درنرخ های کرنش بالا: درنرخ های کرنش بالا، گرمای ایجاد شده ناشی از کار پلاستیک فرصت بیشتری می دهد در نمونه را نهد و باعث افزایش دمای موضعی در نقاط تغییر شکل می شود. این پدیده می تواند در ابتدا باعث تسهیل حرکت نامناسبی ها شود، اما درین حال منجر می شود به افزایش تنش های موضعی در قسمت سریع تر.

ماده مورد

بررسی علت گاهن گزین شک با اثرات نفع گزین:

① زمان گزین برای تقیم ریزه‌ساختار و نیز شکل پلاستیک: گاهن گزین شک ناشی از محدودیت زمانی برای حرکت ناهم جایی هار سایر مکانیزم‌های تغییر شکل پلاستیک است. در نفع گزین‌ها، پایین تر، ماده فرصت بیشتری برای جذب تنش و تغییر شکل پلاستیک دارد، اما در نفع‌های بالاتر، تمرکز تنش در نقاط ضعیف تر رخ می‌دهد که باعث کاهش داکتیلیتی شود.

② انتقال مکانیزم شک از نیم به تدریج: با اثرات نفع گزین، ماده به دلیل کاهش توانایی تغییر شکل پلاستیک به سمت شک تدریجی میل می‌کند، در این حالت ترک‌های مکرر و کوچکی سریع تر ایجاد می‌شوند و شک به جای کشیده شدن و نیز شکل داکتیل بار متناوب تدریجی همراه است.

③ اثرات تراکم تنش در نزدیکی هار نقاط ضعیف ریزه‌ساختار: در نفع‌های گزین بالا، تنش به سرعت در نزدیکی هار و عیوب ریزه‌ساختار ماده متمرکز می‌شود و به دلیل محدودیت زمانی، فرصت بازآرایی ریزه‌ساختار برای جلوگیری از شک وجود ندارد.

Subject

Date

فصل ④:

$$\dot{\epsilon} = \frac{v}{L_0} = \frac{0.15 \frac{m}{s}}{32 \mu} = 0.0156 \frac{1}{s}$$

$$0.0156 \frac{1}{s} \times \frac{60 \times 10^3}{1 \text{ min}} = 0.936 \frac{1}{\text{min}} = \dot{\epsilon}$$

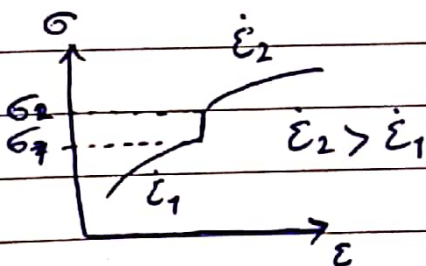
با استفاده از نمودارهای 8 و 10 در برنابی بهترین نمودار فیت شده به داده ها بدست

$$\sigma = 48,142 \text{ MPa} \quad \text{می آید:}$$

حال عبارت $n = 0.936$ که از حساب مقدار سوال داده شده است را در فرمول

ترازی دهم تا مقدار σ بدست آید.

$$\sigma = 48,142 \times (0.936)^{0.0281} = 48.75 \text{ MPa} = \text{yield strength}$$



خواص ⑤: از منحنی نمودار 11 داریم:

رودن اول:

$$m = \frac{\log\left(\frac{\sigma_2}{\sigma_1}\right)}{\log\left(\frac{\dot{\epsilon}_2}{\dot{\epsilon}_1}\right)}$$

$$\sigma_1 = 54.66 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 = 54.77 \text{ MPa}$$

$$\epsilon = 0.096$$

$$\dot{\epsilon}_1 = \frac{0.15 \frac{m}{min}}{32 \text{ mm}} = 0.156 \frac{1}{\text{min}}$$

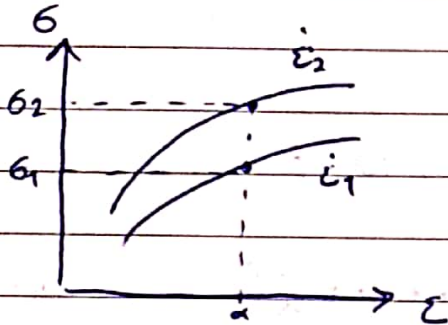
$$\dot{\epsilon}_2 = \frac{0.15 \frac{m}{min}}{32 \text{ mm}} = 1.562 \frac{1}{\text{min}}$$

negin

Subject

Date

$$M = \frac{\log\left(\frac{54.77}{54.66}\right)}{\log\left(\frac{1.562}{0.156}\right)} = 0.000861 = 8.61 \times 10^{-4}$$



رشد در زمان: با توجه به نمودار 1.72

$$\dot{\epsilon}_1 = 0.156 \frac{1}{\text{min}} \quad \epsilon = 0.25$$
$$\dot{\epsilon}_2 = 1.562 \frac{1}{\text{min}}$$

$$\sigma_1 = 72.22 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 = 74.50 \text{ MPa}$$

$$M = \frac{\log\left(\frac{74.5}{72.22}\right)}{\log\left(\frac{1.562}{0.156}\right)} = 0.0134 = 1.34 \times 10^{-2}$$