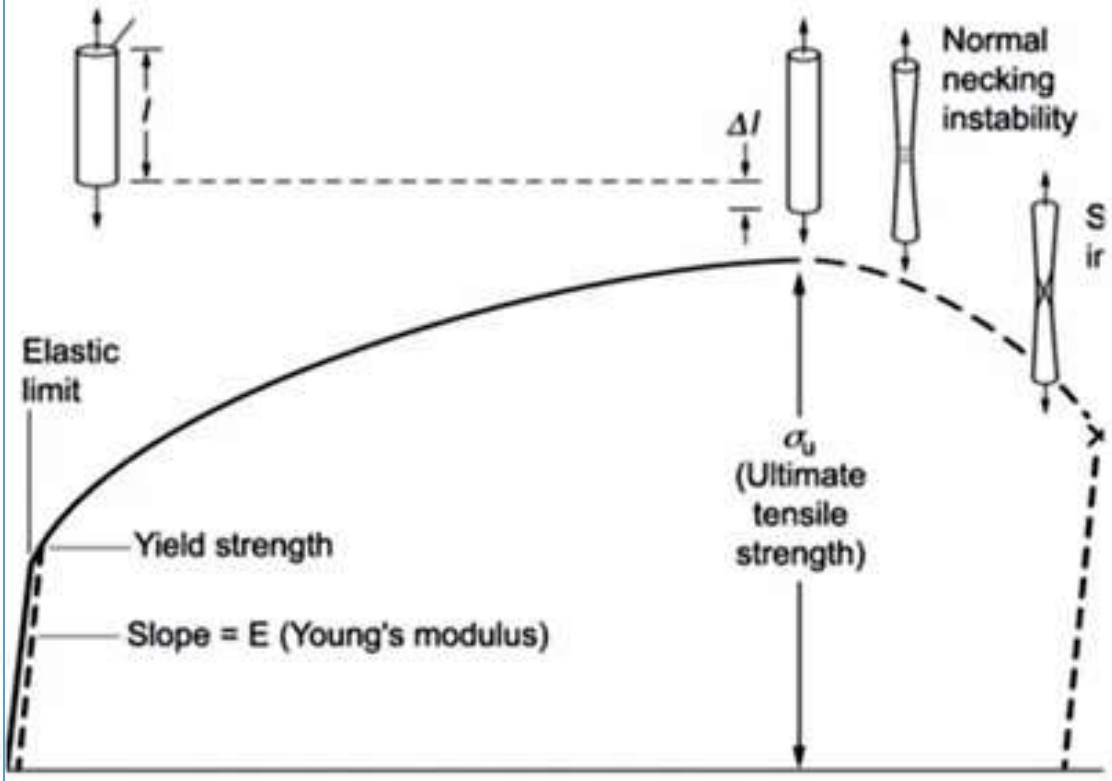
ProWindingTech

تحلیل پیشرفته منحنی تنش–کرنش
و کاربردهای مهندسی آن



Advanced Analysis of the Stress–Strain Curve and Its Engineering Applications

تحلیل پیشرفته منحنی تنش–کرنش و کاربردهای مهندسی آن

◆ مقدمه

رفتار مکانیکی مواد تحت بارگذاری نقش کلیدی در طراحی، تولید و کنترل کیفیت قطعات صنعتی دارد. یکی از ابزارهای مهم برای بررسی این رفتار، **منحنی تنش–کرنش** است که با انجام آزمون کشش استاندارد بر روی نمونه‌های تهیه‌شده به‌دست می‌آید. این منحنی، نمایی دقیق از ویژگی‌های الاستیک، پلاستیک و شکست ماده را به ما نشان می‌دهد. شناخت دقیق آن، به‌ویژه در صنایعی مانند تولید **سیم‌های سیم‌پیچی**، نقش تعیین‌کننده‌ای در پایش کیفیت، تحلیل فرآیندهای آنیل، و بررسی رفتار در سرویس دارد.

◆ مفاهیم پایه تنش و کرنش

◆تنش(σ)

تعریف:

$$\sigma = F / A_0$$

که در آن:

- F: نیروی واردشده(N)
- A_0: سطح مقطع اولیه(mm^2)
- واحد: MPa یا N/mm^2

◆کرنش(ε)

تعریف: $\varepsilon = \Delta L / L_0$

که در آن:

- ΔL: تغییر طول نمونه(mm)
- L_0: طول اولیه نمونه(mm)
- واحد: بدون واحد یا درصد

@prowindingteam

🔷 نواحی مختلف منحنی تنش–کرنش

✅ ۱. ناحیه الاستیک(Elastic Region)

در این ناحیه، رابطه تنش–کرنش خطی است و به قانون هوک تبعیت می‌کند:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon$$

که E همان **مدول یانگ** است و بیانگر مقاومت ماده در برابر تغییر شکل کشسانی است. این ناحیه معمولاً تا حدود 0.2٪ کرنش ادامه دارد.

✅ ۲. نقطه تسلیم(Yield Point)

برای بسیاری از فلزات، مخصوصاً فولادهای کم‌کربن، نقطه تسلیم به صورت واضح با افت ناگهانی تنش پس از افزایش کرنش ظاهر می‌شود. در فلزاتی مانند آلومینیوم، این نقطه به وضوح دیده نمی‌شود و از **روش انحراف 0.2% (0.2% Offset Method)** برای تعیین آن استفاده می‌شود.

✅ ۳. ناحیه پلاستیک

در این ناحیه، ماده وارد تغییر شکل دائم می‌شود و بازگشت‌ناپذیر است. افزایش تنش، سبب افزایش کرنش در نرخ غیرخطی می‌شود. این ناحیه خود شامل سه بخش است:

- ناحیه کرنش سختی(Work Hardening)
- نقطه حداکثر تنش(Ultimate Tensile Strength – UTS)
- ناحیه گردن‌شدگی (Necking) قبل از شکست

✅ ۴.نقطه شکست(Fracture)

نقطه‌ای که در آن نمونه به دو بخش تقسیم می‌شود. موقعیت آن در منحنی، بسته به نوع ماده، ممکن است بسیار بعد از UTS باشد (مواد نرم و داکتیل) یا بلافاصله پس از آن (مواد شکننده).

@prowindotech

🔷 خواص مکانیکی استخراج‌شده از منحنی

خاصیت مکانیکی	تعریف	اهمیت
مدول یانگ(E)	شیب منحنی در ناحیه الاستیک	نشان‌دهنده سختی و صلبیت
تنش تسلیم (Yield Strength)	مقدار تنشی که ماده قبل از تغییر شکل دائم تحمل می‌کند	معیار طراحی سازه‌ها
استحکام کششی نهایی (UTS)	بیشترین تنش قابل تحمل قبل از شروع گردن‌شدگی	تعیین کیفیت عملیات حرارتی
کرنش شکست(εf)	میزان تغییر طول نسبی قبل از گسیختگی	سنجش چقرمگی و شکل‌پذیری
چقرمگی(Toughness)	سطح زیر منحنی تا نقطه شکست	مقاومت در برابر ضربه و انرژی جذب‌شده
درصد کاهش سطح مقطع (%RA)	نسبت کاهش سطح مقطع در نقطه شکست	معیاری از داکتیلیته ماده

🔷 کاربرد در صنعت سیم‌پیچی

در صنایع تولید **سیم‌های لاکی، سیم‌های آلومینیومی و مسی آنیل‌شده یا خام**، خواص مکانیکی مانند **UTS، کرنش شکست، درصد کاهش سطح مقطع و مدول الاستیسیته**، در تعیین کیفیت دسته‌های تولیدی بسیار حیاتی است. به‌ویژه:

- کنترل کیفیت عملیات آنیل: بررسی کاهش سختی و افزایش کرنش شکست
- تشخیص کیفیت لاک یا پوشش رزینی پس از کشش
- ارزیابی یکنواختی خواص بین بچ‌های تولیدی مختلف
- بررسی اثرات پیرسازی، دمای تولید و نرخ سرد شدن در خواص مکانیکی

🔷 نتیجه‌گیری

منحنی تنش–کرنش نه‌تنها ابزاری برای استخراج خواص فیزیکی ماده است، بلکه وسیله‌ای برای **پایش کیفیت فرآیندهای تولیدی** و **تحلیل رفتار در شرایط بارگذاری واقعی** به‌شمار می‌آید. در صنایع حساس مانند تولید سیم‌های سیم‌پیچی که تنش و کرنش در فرآیند پیچش و کار مکانیکی نقش مهمی دارند، تفسیر دقیق این منحنی به مهندسین کمک می‌کند تا تصمیم‌های بهینه‌تری اتخاذ کنند.

✍️ **نویسنده :** prowindingtech_admin

📌 **ProWindingTech** – اولین مرجع تخصصی کیفیت و فناوری تولید سیم‌های سیم‌پیچی

@prowindingtech

by: @prowindingtech

@prowindingtech_admin

prowindingtech@gmail.com