



**Namatek**

True Education

30 mm

# What is Super Plastic?

[www.namatek.com](http://www.namatek.com)

سوپر پلاسٹیک  
چیست؟

## فهرست مطالب

1. تعریف سوپر پلاستیک (superplastic)
2. تاریخچه سوپر پلاستیک
3. شرایط تشکیل سوپر پلاستیک
4. چگونگی فرآیند تشکیل سوپر پلاستیک
5. انواع سوپر پلاستیک
6. مزایای تشکیل این ماده

سوپر پلاستیکی که برای اولین بار حدود هفتاد سال پیش مشاهده شد، تا حدود بیست سال پیش همچنان یک کنجاوی علمی بود. اکنون به عنوان یک خاصیت شناخته شده است که می تواند در فرآیند های شکل گیری مورد استفاده قرار گیرد.

فناوری تشکیل این خاصیت یک روش موثر و امیدوار کننده برای تسخیر مشکلات تشکیل آلیاژها است به ویژه دسته ای که ساختار پیچیده با دیواره های نازک دارند.

اگر کاربرد آن را در صنعت هوا فضا در نظر نگیریم، شاید بتوان گفت که یکی از مهمترین محصولات تجاری که در تولید آن از این ویژگی مواد استفاده می شود، احتمالاً سر چوب های گلف است که حتماً از حساسیت کاربرد آن اطلاع دارید.



در این مقاله قصد داریم بررسی کوتاهی بر این مواد و چگونگی ساخت و کاربرد های آن داشته باشیم. در ادامه با ما همراه باشید.

# #1 تعریف سوپر پلاستیک (superplastic)

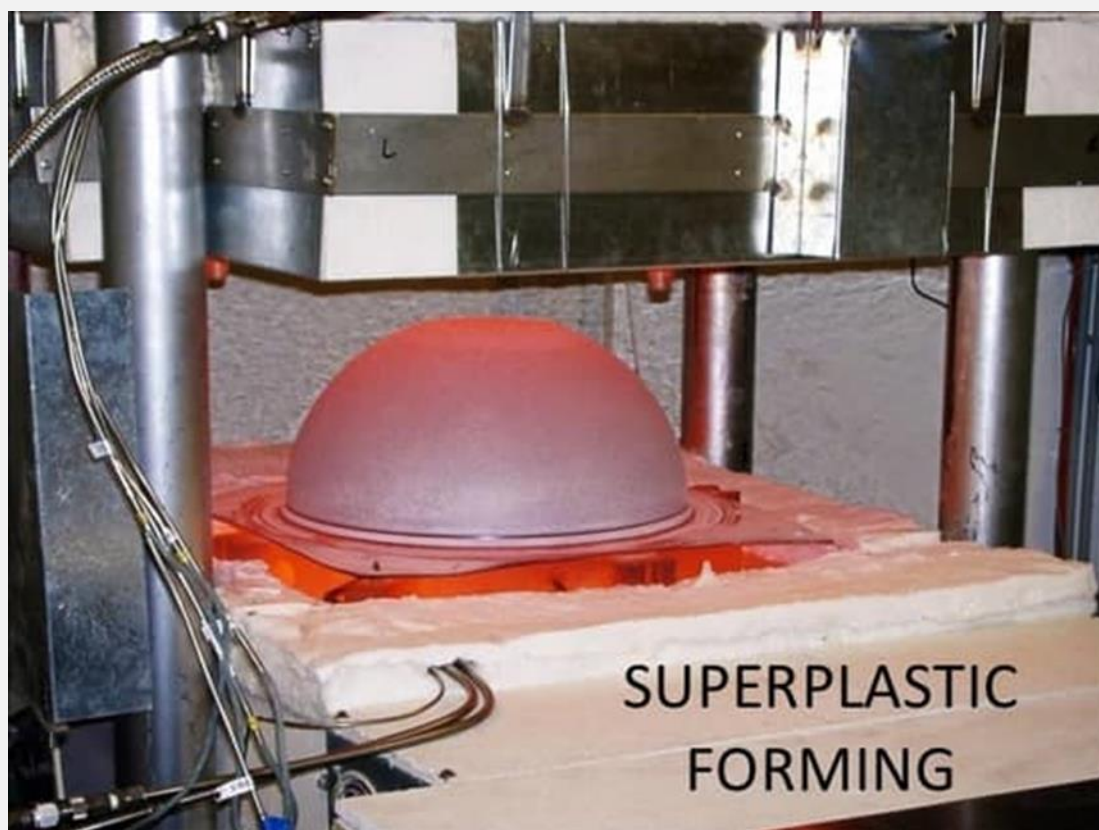
مواد فلزی تحت شرایط خاص قابلیت انعطاف پذیری فوق العاده خوبی دارند، به این پدیده سوپر پلاستیک گفته می شود. کشسانی این مواد بدون جمع شدگی و شکستگی می تواند از 100٪ فراتر رود.

با این حال، افزایش طول مواد فولادی عموماً در دمای اتاق فقط 30٪ تا 40٪ است و مواد فلزی غیر آهنی مانند آلومینیوم، مس و آلیاژهای آن ها فقط می توانند به 50٪ تا 60٪ برسند. از آنجا که شکل گیری سوپر پلاستیک می تواند از مشخصات مواد فلزی با قابلیت انعطاف پذیری خوب و مقاومت در برابر تغییر شکل کم استفاده کامل کند،

می تواند قطعات مختلفی به شکل پیچیده و بدون ایجاد پسماند پس از تشکیل را به وجود آورد.

شکل گیری این خاصیت فرآیندی است که از فرم فوق العاده پلاستیکی مواد فلزی برای پردازش ورق فلز و بدست آوردن اشکال مختلف مورد نیاز استفاده می کند.

مواد تشکیل دهنده معمولاً مورد استفاده عمدتاً شامل آلیاژ آلومینیوم، آلیاژ منیزیم، فولاد کم کربن، فولاد ضد زنگ و آلیاژ دمای بالا هستند.



## #2 تاریخچه سوپر پلاستیک

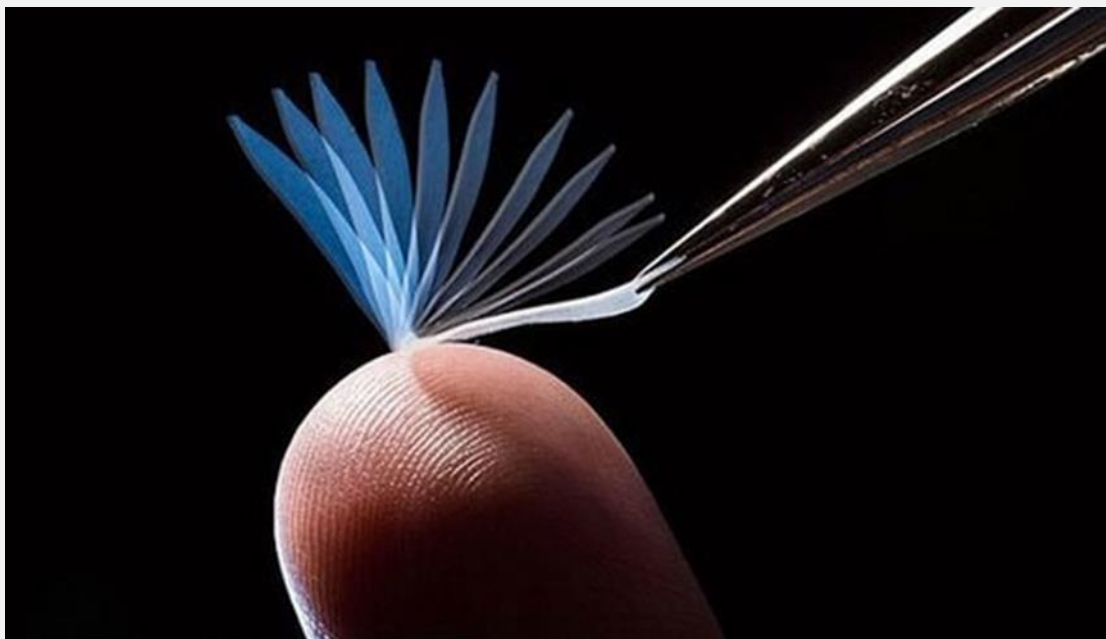
تاریخچه سوپر پلاستیک را می توان در دوران مفرغ در 2200 سال قبل از میلاد مسیح جستجو کرد. گگ کینلی محاسبه کرد که برنز با 10٪ آرسنیک (AS) که از اوایل عصر برنز در ترکیه استفاده می شد یکی از این مواد است.

به این دلیل که این مواد آلیاژهای دو فاز هستند و در طی فرآیند گرم شدن، ساختار دانه ریز و پایدار مورد نیاز برای این خاصیت تولید می شود و بدین ترتیب انواع مختلفی از فرم های پیچیده بدست می آید.

پس از آن، وادزورث و شربی کشف کردند که چاقوی دمشقی که از 300 سال قبل از میلاد مسیح تا قرن نوزدهم به کار رفته دارای ترکیبی بسیار شبیه به فولاد کربنی مدرن است که این وضعیت حدس و گمان در مورد ظهور سوپر پلاستیک است.

مقاله ای که توسط دانشمند NPL، در سال 1912 منتشر شد بررسی این موضوع بود که برنج  $\alpha + \beta$  را توصیف کرده است که حداکثر طول 1.63٪ در دمای 700 درجه سانتیگراد را نشان می دهد.

در سال 1934، پیرسو از پادشاهی انگلستان درصد کشش در آلیاژ اکسترود شده Bi-Sn را بدست آورد. دانشمندان غربی پیرسون را بنیانگذار این خاصیت می دانند. در سال 1945، Baocvar و Sviderskaya اتحاد جماهیر شوروی در یک مقاله تحقیقاتی این پدیده را به عنوان "سوپر پلاستیک" تعریف کردند.



## #3 شرایط تشکیل سوپر پلاستیک

برای انجام فرم دهی سوپر پلاستیک یک ماده، ابتدا باید شرایط تشکیل ماده را پیدا کرد و این شرایط باید به شدت در روند کار کنترل شوند.

چندین نوع شرایط برای فلز وجود دارد، بیشترین کاربرد سوپرپلاستیک، دانه ریز است که به آن سوپر پلاستیکی دمای ثابت نیز گفته می شود.

شرایط تشکیل دانه های ریز به شرح زیر است:

1. دما: دمای تشکیل مواد با این خاصیت به طور کلی دمای ذوب بیان شده در دمای ترمودینامیک است.

2. دانه های پایدار و ریز: مواد سوپر پلاستیکی معمولاً به قطر دانه 5/5 -  $\mu\text{m}$  نیاز دارند.

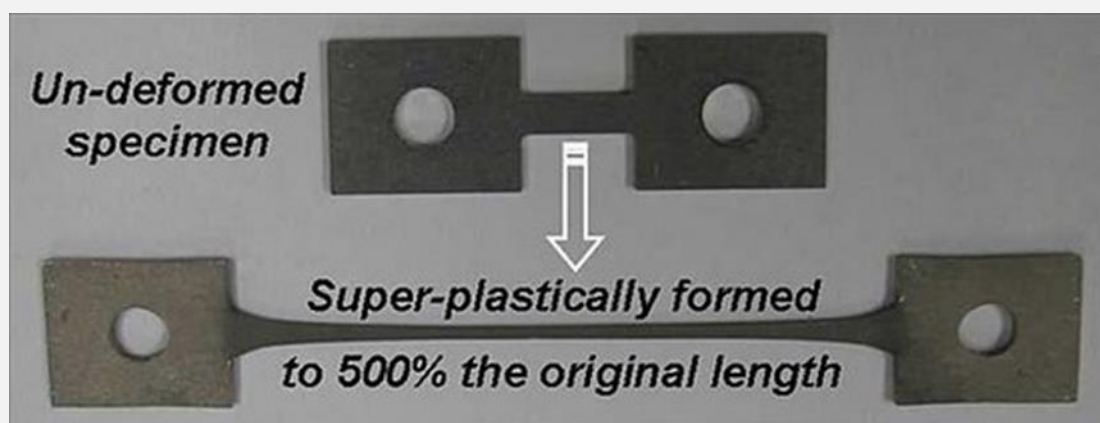
3. فشار تشکیل دهنده: به طور کلی چند دهم تا چند MPa

علاوه بر این، شاخص سخت شدن کرنش، شکل دانه و تنش داخلی ماده نیز تأثیر مشخصی در شکل گیری دارد.

## #4 چگونگی فرآیند تشکیل سوپر پلاستیک

ظهور سوپر پلاستیک بودن مواد شرطی است به این معنا که نه تنها تحت تاثیر عوامل داخلی خود مواد بلکه تابع شرایط محیطی در هنگام تغییر شکل است.

اول از همه، ماده خود ترجیحاً یک آلیاژ یوتکتوئید یا یوتکتیک دو فازی است. پس از یک انفعالات خاص، کریستال باید به صورت متعادل، کروی و دانه ریز شود. اندازه دانه به طور کلی بیش از  $10 \mu\text{m}$  نیست.



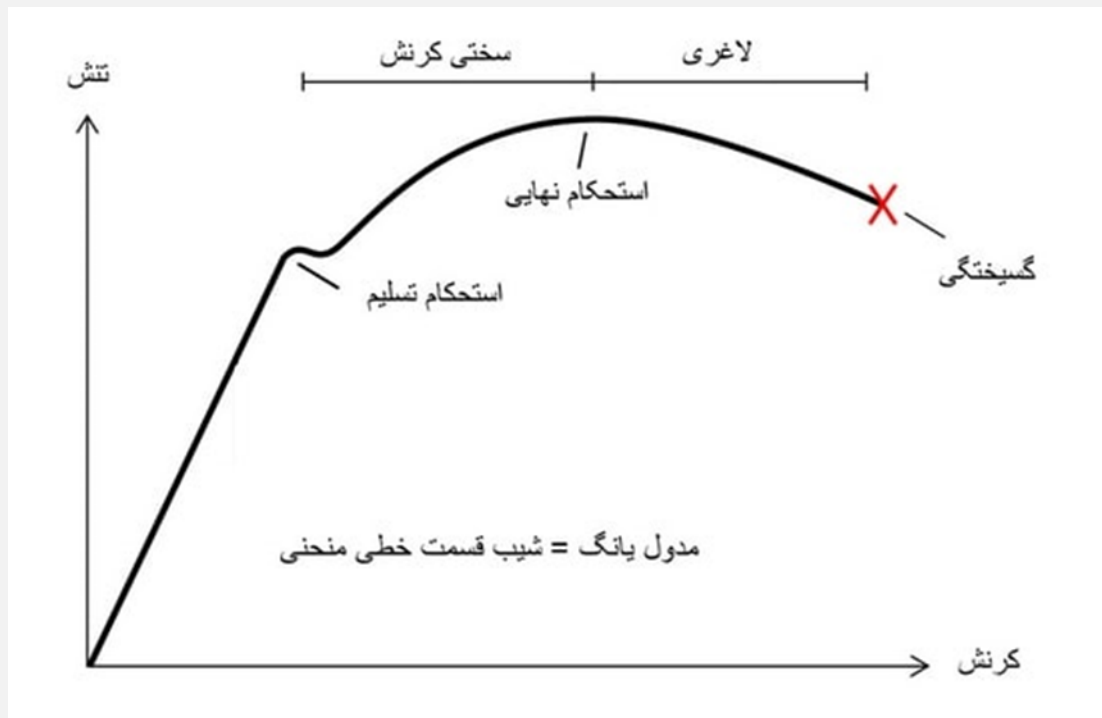
دو محیط فرآیند اصلی برای تغییر شکل سوپر پلاستیک وجود دارد:

1. دمای تغییر شکل: تغییر شکل این مواد به طور کلی نیاز به حفظ دمای ماده در  $T_e \geq 0.5 T_m$  دارد.

2. میزان تغییر شکل: بزرگترین ویژگی تغییر شکل سوپر پلاستیک این است که باید در یک نرخ کرنش مشخص ( $\dot{\epsilon}$ ) انجام شود.

مواد مختلف سرعت کرنش و منحنی های رابطه  $\delta$ ،  $m$  و  $\sigma$  خود را دارند





$\delta-\epsilon$ : منحنی رابطه بین حداکثر کشیدگی و میزان کرنش.

$m-\epsilon$ : منحنی رابطه بین شاخص حساسیت نرخ کرنش و نرخ کرنش

$\sigma-\epsilon$ : منحنی رابطه بین مقاومت تغییر شکل و سرعت کرنش.

متناسب با این منحنی ها مناسب ترین میزان کرنش را انتخاب کنید. به طور کلی، مقدار  $\epsilon$  به طور کلی بین  $0.01/s$  و  $0.0001/s$  است که بسیار کمتر از میزان تغییر شکل معمولی است. این بزرگترین نقص تغییر شکل سوپر پلاستیک است.

این افزایش بهره وری را محدود می کند که همچنین محدوده کاربرد آلیاژهای سوپر پلاستیک را محدود می کند. فرآیند تشکیل این خاصیت عمدتاً شامل فرم دهی بادی و تشکیل حجم است.

## #5 انواع سوپر پلاستیک

با توجه به شرایط دستیابی به سوپر پلاستیک (ساختار، دما، حالت تنش و...)، می توان آن را به سه نوع طبقه بندی کرد:

- سازمانی
- تغییر فاز
- سایر سوپر پلاستیک



## #5-1 دانه ریز (سازمانی)

بیشترین کاربرد در تولید سوپر پلاستیک سازمانی است که به عنوان دانه ریز یا دما ثابت نیز شناخته می شود. این خاصیت ریز ساختار به میزان کرنش و دمای تغییر شکل بسیار حساس است.

چنین موادی فقط می توانند بهترین سوپر پلاستیکی را در یک محدوده کرنش خاص و دامنه دمای تغییر شکل نشان دهند.

## #5-2 تغییر فاز

سوپر پلاستیک تغییر فاز، که به عنوان دینامیک یا محیطی نیز شناخته می شود، به این واقعیت اشاره دارد که وقتی ماده ای تحت شرایط تنش در یک محیط دمایی که مرتباً تغییر می کند، تحت چرخه های متعددی از تبدیل فاز یا تحول آلوتروپیک قرار می گیرد تا یک کشیدگی بزرگ بدست آید.

شرط لازم این است که ویژگی های انتقال فاز جامد را داشته باشد و تحت تأثیر بار خارجی، تغییرات ساختاری مکرر با گرمایش و خنک کننده چرخه ای در دمای انتقال فاز ایجاد می شود. به طوری که اتم های فلز تحت حرکت شدید قرار می گیرند و سوپر پلاستیک می شوند.

سوپر پلاستیک تغییر فاز به مواد دانه ریز مغناطیسی نیاز ندارد اما به تغییرات مکرر در دمای تغییر شکل نیاز دارد که تولید را با مشکل رو به رو می کند و بنابراین کاربرد آن محدود است.

## #3-5 سایر مواد

در سال های اخیر، کشف شده است که مواد غیر سوپر پلاستیکی معمولی نیز می توانند این خاصیت را نشان دهند که در شرایط خاص به سرعت تغییر شکل دهند.

این نوع مواد فلزی دارای ساختار دانه ای کوتاه و پایدار کوتاه مدت بوده و در برخی شرایط از این خاصیت برخوردار است که به آن گذرا یا موقتی گفته می شود.

## #6 مزایای تشکیل این ماده

مزایای تشکیل سوپر پلاستیک عبارتند از:

1. هزینه کم ابزار.
2. در این مواد مقاومت در برابر تغییر شکل بسیار کم است.
3. می تواند ساختار ریز را با دقت تولید کند.
4. زمان آماده سازی تولید کوتاه می شود.

5. این ماده از مقاومت خستگی عرضی و مقاومت در برابر خوردگی خوبی برخوردار است.