



**Namatek**  
True Education

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

**Forging**

آشنایی با فورجینگ و  
روش آن

## فهرست مطالب

۱. فورجینگ چیست؟
۲. مراحل فرآیند فورجینگ چیست؟
۳. انواع روش های فورجینگ
۴. مزایای فورجینگ چیست؟

آیا می دانید فرآیند آهنگری یا فورجینگ چیست؟ احتمالا اولین چیزی که به ذهنتان می آید، آهنگری است که با پتک روی قطعه فلزی داغی می کوبد؛ درست حدس زده اید. فرآیند آهنگری چندین هزار سال به اشکال مختلف به عنوان روشی برای شکل دادن به فلز به کار رفته است.

امروزه با پیشرفت تکنولوژی و توسعه فلزات جدید، آهنگری تغییر زیادی داشته، اما شکل اصلی خود را حفظ کرده است.

برای پاسخ به سوال فورجینگ چیست، با ما همراه شوید.

## #۱ فورجینگ چیست؟

در پاسخ به سوال فورجینگ چیست، باید بگوییم فورجینگ (Forging) یا آهنگری به فرآیند کار روی فلزات گفته می شود.

فورجینگ عبارت است از:

- شکل دهی
- تغییر فرم
- فشردن سازی

بسته به نوع فلز و الزامات طراحی قطعه نهایی، فرآیند فورجینگ را می توان به روش گرم یا سرد انجام داد. فورجینگ با فشردن سازی ساختار فلزات باعث تبلور مجدد متالورژیکی و جهت گیری مجدد دانه ها می

شود. مقاومت ضربه ای و برشی بالاتر قطعات نهایی، باعث افزایش طول عمر و کاربری آن ها می شود.

## یک قطعه فورج شده

Forged Part



## #۲ مراحل فرآیند فورجینگ چیست؟

فورجینگ به روش های گوناگونی انجام می شود. تعیین این که کدام فرآیند فورجینگ باید مورد استفاده قرار گیرد به نوع فلز بستگی دارد.

آیا می دانید فلز مطلوب برای فرآیند فورجینگ چیست؟

تقریباً هر فلزی را می توان فورج کرد.

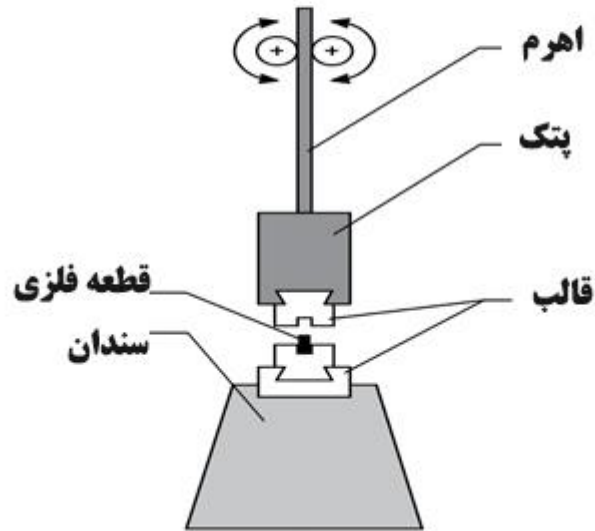
فلزات متداول برای فورجینگ عبارت اند از:

- فولاد
- فولاد زنگ نزن
- آلومینیوم
- تیتانیوم
- برنج
- مس
- کبالت
- نیکل
- مولیبدن

## ۱-۲# فورجینگ (Forging)

آهنگری یا فورجینگ فرآیندی شامل ضربه و فشرده سازی فلز است. فلزات سخت و سنگین قبل از فورجینگ نیاز به عملیات حرارتی دارند؛ اما فلزات نرم تر مانند آلومینیوم، برنج و مس را می توان به صورت سرد آهنگری کرد. صرف نظر از گرم یا سرد بودن روش، فرآیند فورجینگ شامل استفاده از یک نیروی زیاد با استفاده از پتک، قالب یا وزنه سنگین است.

## فورجینگ سقوطی

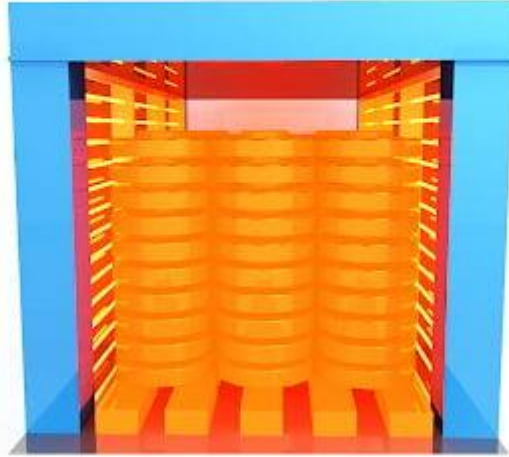


## #۲-۲ آنیل کردن (Annealing)

آنیل کردن بخش مهمی از فرآیند فورجینگ است. هدف از آنیل کردن افزایش انعطاف پذیری و کاهش سختی فلز است. در نتیجه کارپذیری آن بیشتر می شود. در فرآیند آنیل، فلز تا دمایی بالاتر از دمای تبلور گرم می شود و برای مدتی در آن دما باقی می ماند. سرعت سرد کردن فلز پس از آنیل به نوع فلز و ویژگی های آن بستگی دارد.

## عملیات حرارتی قطعات

### Heat Treatment Process



## #۲-۳ شکل دادن (Shaping)

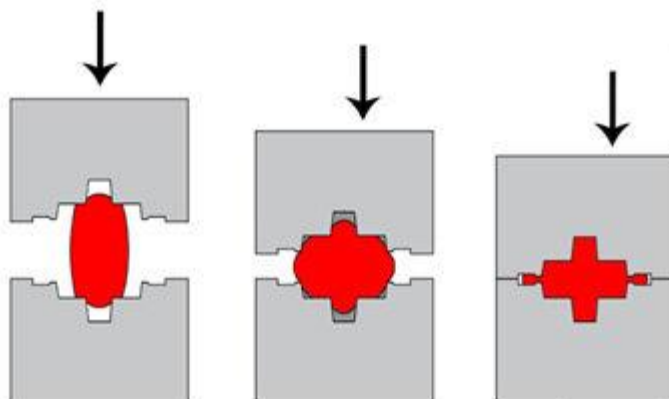
هنگامی که فلز به اندازه ای انعطاف پذیر شد که امکان شکل دهی داشت، تحت فرآیندهایی برای رسیدن به شکل مطلوب قرار می گیرد.

این روش ها عبارت اند از:

- چکش کاری (hammering)
- آسیاب کردن (grinding)
- قالب گیری (molding)
- فشردن سازی (compressing)
- خم کاری (bending)

در تمامی این روش ها قطعه فلزی تحت تنش های گوناگون قرار می گیرد تا به شکل مطلوب برسد.

## شکل دهی قطعه در فورجینگ قالب بسته



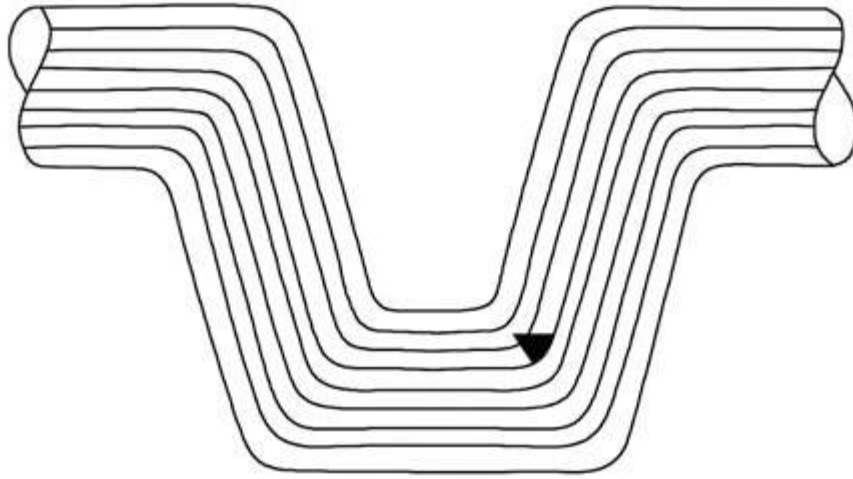
### افزایش سختی قطعه (Hardening) در اثر شکل دادن

میزان سختی قطعه فورج شده، بستگی به فرآیند آن دارد. قطعه تولیدشده به روش فورجینگ سرد، معمولا سختی بالاتری از قطعات فورج گرم دارد. در فرآیند فورجینگ، قطعه فلزی فشرده می شود، تغییر شکل می دهد و ساختار دانه بندی در جهت تغییر شکل قطعه، تغییر می کند. این فرآیند منجر به مقاومت در برابر خستگی و بهبود خواص مکانیکی آن می شود.

همان طور که در شکل زیر مشاهده می کنید، جهت دانه ها برای قطعات فورجینگ با شکل قطعه مطابقت دارد. این ویژگی استحکام و مقاومت قطعه را در برابر خستگی افزایش می دهد.



جهت گیری دانه ها در راستای قطعه فورج شده



## ۴-۲# تمپر کردن (Tempering)

فرآیند تمپر کردن برای افزایش استحکام فلز انجام می شود.

تمپر کردن باعث ایجاد تنش در قطعه می شود که شامل عملیات زیر است:

- گرم کردن
- شکل دادن
- خنک کردن
- گرم کردن مجدد

مزایای تمپر کردن عبارت اند از:

- کاهش شکنندگی
- بالا رفتن انعطاف پذیری

- افزایش سختی
- افزایش چقرمگی
- قابلیت جوشکاری بهتر
- مقاومت بیشتر در برابر اصطکاک و سایش

### قطعات فورج شده در آستانه کوره تمپر



## #۳ انواع روش های فورجینگ

یکی از دسته بندی های روش های فورجینگ، بر اساس محدوده دما است که در آن به طور کلی دو روش سرد و گرم انجام می شود. در فورجینگ سرد فلز تنها به میزانی گرما می بیند که کارپذیر شود؛ اما در فورجینگ گرم فلز تا نزدیکی نقطه ذوب گرم می شود.

اما این همه ماجرا نیست. در ادامه به شما می گوئیم که روش های گوناگون فورجینگ چیست.

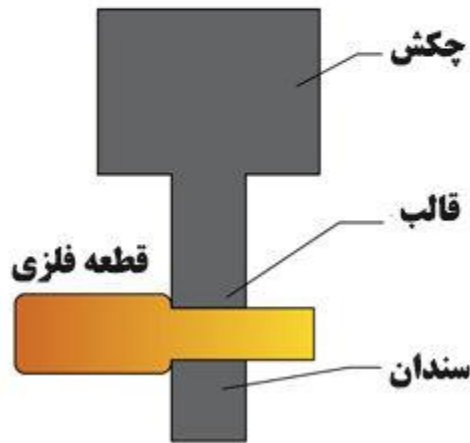


## #۱-۳ فورجینگ قالب باز چیست؟ (Open Die Forging)

مراحل فورجینگ قالب باز یا فورجینگ سقوطی (drop forging) به صورت زیر است:

۱. قطعه حرارت داده می شود.
۲. قطعه بدون آن که کاملاً در قالب قرار بگیرد، وارد فرآیند می شود و تا زمانی که شکل قالب را به خود بگیرد، درون قالب کوبیده می شود.

## فورجینگ قالب باز



## #۲-۳ فورجینگ قالب بسته چیست؟ (Closed Die Forging)

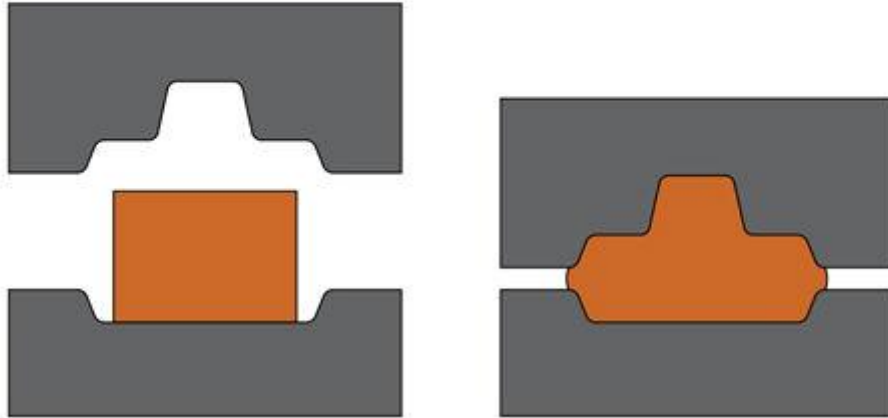
در روش فورجینگ قالب بسته یا آهنگری قالبی (impression forging) دو نیمه قالب به سمت یکدیگر حرکت می کنند تا قطعه را محصور کنند.

مراحل این روش به صورت زیر است:

۱. قطعه از پیش گرم شده در قالب پایینی قرار می گیرد.
۲. نیروی ایجاد شده در اثر سوار شدن دو نیمه قالب، قطعه را فشرده می کند تا به فرم نهایی برسد.

اگرچه این فرآیند پرهزینه تر از سایر اشکال فورجینگ است، اما دقت، کیفیت و استحکام قطعات نهایی قابل توجه است.

## فورجینگ قالب بسته



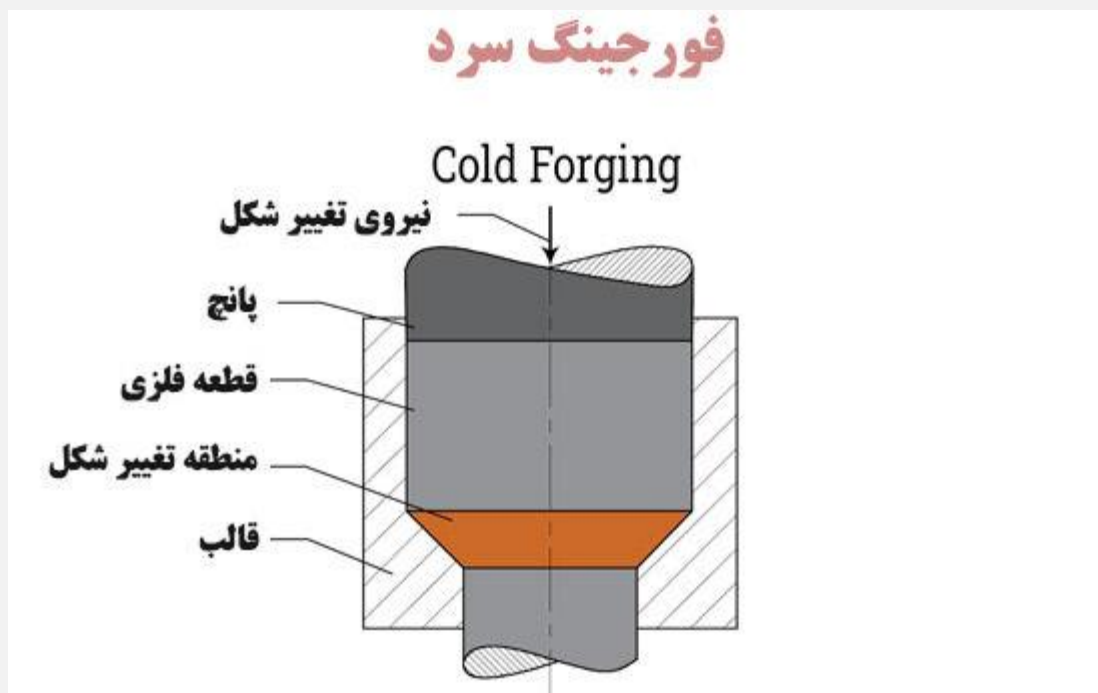
## #۳-۳ فورجینگ سرد چیست؟ (Cold Forging)

در فورجینگ سرد، فلزات را در دمای اتاق یا کمی بالاتر از آن تغییر شکل می دهند.

اصطلاح فورجینگ سرد یک اصطلاح کلی است که عبارت است از:

- کشش (drawing)
- کله زنی (heading)
- ضرب زدن (coining)
- پانچ کردن (punching)
- نورد رزوه (thread rolling)

دمای فلز نهایتاً به سه دهم دمای تبلور مجدد آن می‌رسد. فورجینگ سرد روشی ترجیحی برای شکل دادن به فلزات نرم مانند آلومینیوم و مس است.



مزایای فورجینگ سرد

- کاهش پردازش قطعات نهایی
- پرداخت بهتر سطح
- بهبود ثبات ابعادی
- هزینه کمتر

## #۳-۴ فورجینگ در نورد چیست؟ (Roll Forging)

مراحل روش فورجینگ در نورد سرد به صورت زیر است:

۱. قطعه گرم می‌شود.

۲. از میان دو غلتک که در جهت مخالف هم حرکت می کنند، عبور می کند.

۳. شکل و ابعاد قطعه توسط اشکال هندسی که در غلتک ها وجود دارند، تعیین می شود.

۴. قطعه نهایی با چرخش جزئی غلتک ها در حین عبور قطعه فلزی از بین آن ها تولید می شود.



## #۳-۵ فورجینگ با نورد حلقه ای چیست؟ ( Rolled Ring Forging )

مراحل روش فورجینگ با نورد حلقه ای به صورت زیر است:

۱. قطعه قبل از شروع کار، به شکل یک دونات، میان تهی می شود.

۲. در این مرحله قطعه گرم می شود تا کارپذیر باشد.
۳. سپس قطعه بین دو غلتک به نام های "driver roll" و "idler roll" قرار می گیرد و غلتک های محوری (axial rolls) نیز همزمان می چرخند و آن را فشرده می کنند. با حرکت idler roll قطر قطعه افزایش می یابد و دیواره های آن نازک تر می شود. رول های محوری پهنای حلقه را کنترل می کنند.
۴. در پایان فرآیند، حلقه نورد شده یک بیضی بدون درز است که برای چرخ دنده، سوپاپ، کلاچ و یاتاقان ها استفاده می شود.



مزایای فورجینگ با نورد حلقه ای

- استحکام بالای قطعات
- ماشین کاری کمتر

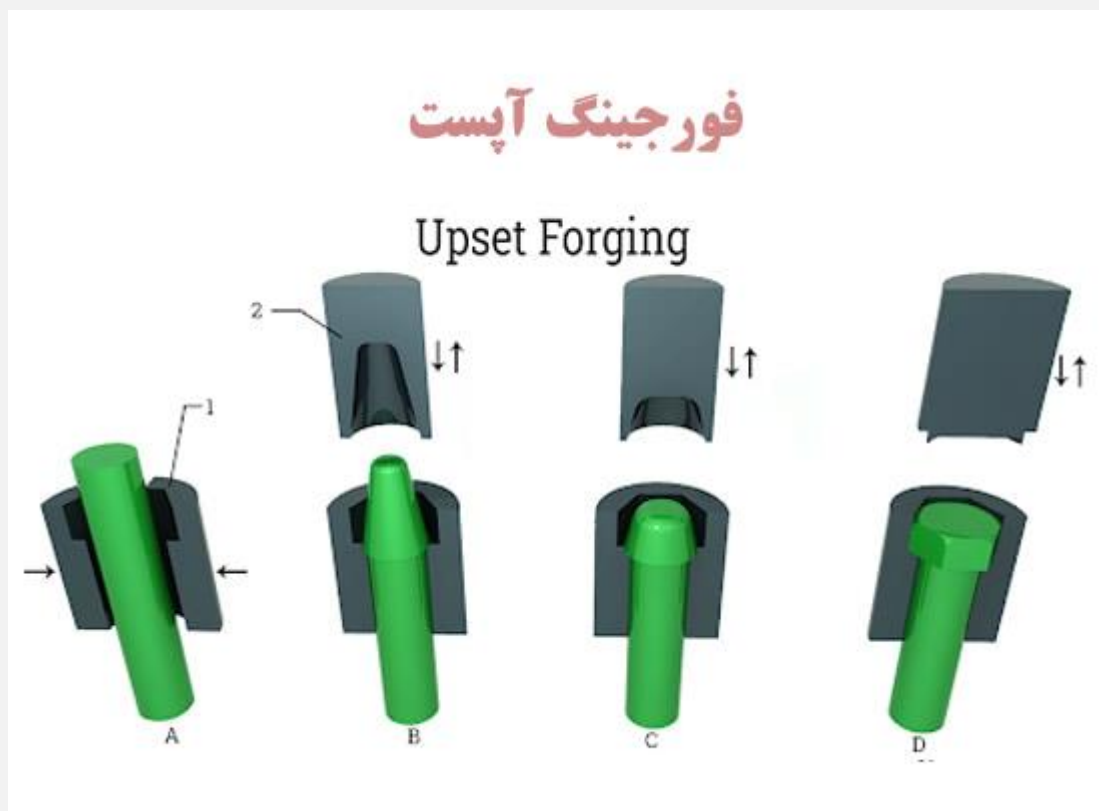


- الگوی پایدار دانه بندی
- کاربرد برای طیف وسیعی از مواد

## #۳-۶ فورجینگ آپست یا کله زنی چیست؟ ( Upset Forging )

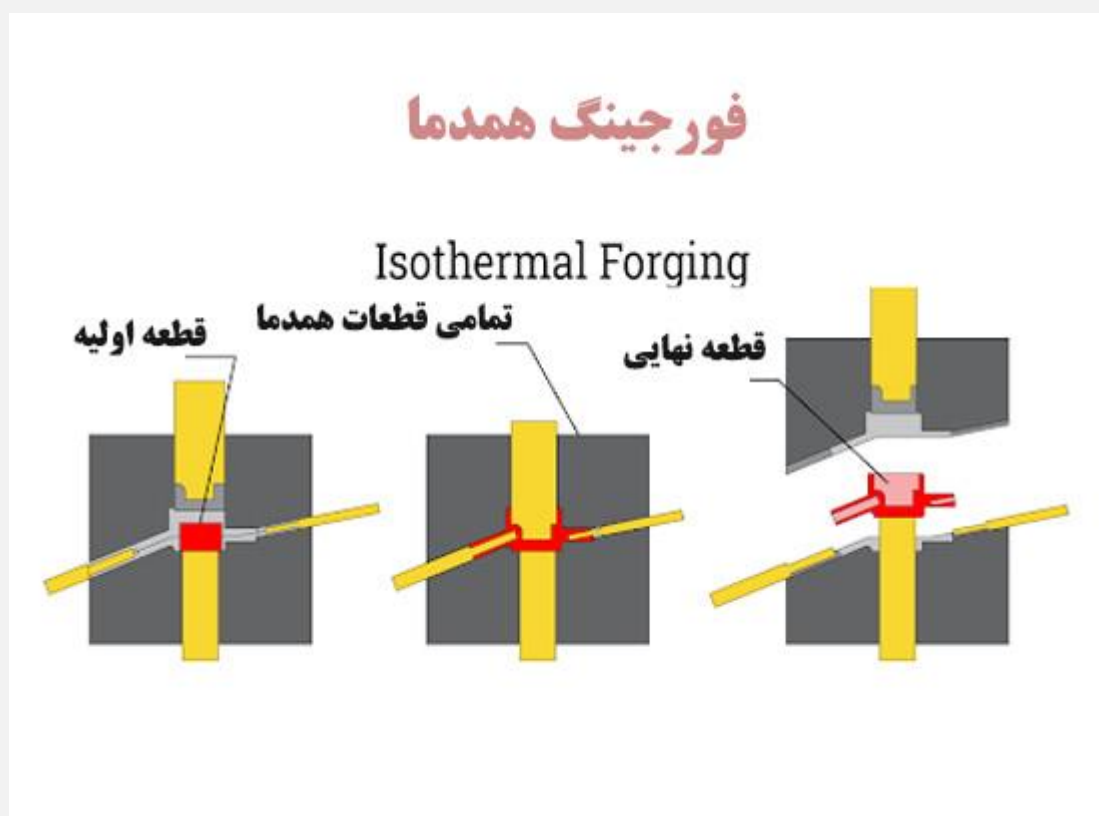
فورجینگ آپست یا کله زنی (heading) به دو صورت گرم و سرد انجام می شود. در این روش انتهای قطعه تحت ضربات پی در پی قرار می گیرد تا سطح مقطع آن افزایش یابد.

این روش برای ساخت میخ، پیچ و مهره استفاده می شود.



## #۳-۷ فورجینگ ایزوترمال یا هم دما چیست؟ (Isothermal Forging)

در فورجینگ هم دما، قطعه کار در طول فرآیند در بالاترین دمای ممکن نگه داشته می شود. این کار با گرم کردن قالب تا دمای کارپذیری فلز انجام می شود. در این روش فورجینگ سطح تماس قطعه و قالب از بین می رود که سبب بهبود ویژگی های قطعه نهایی می شود.

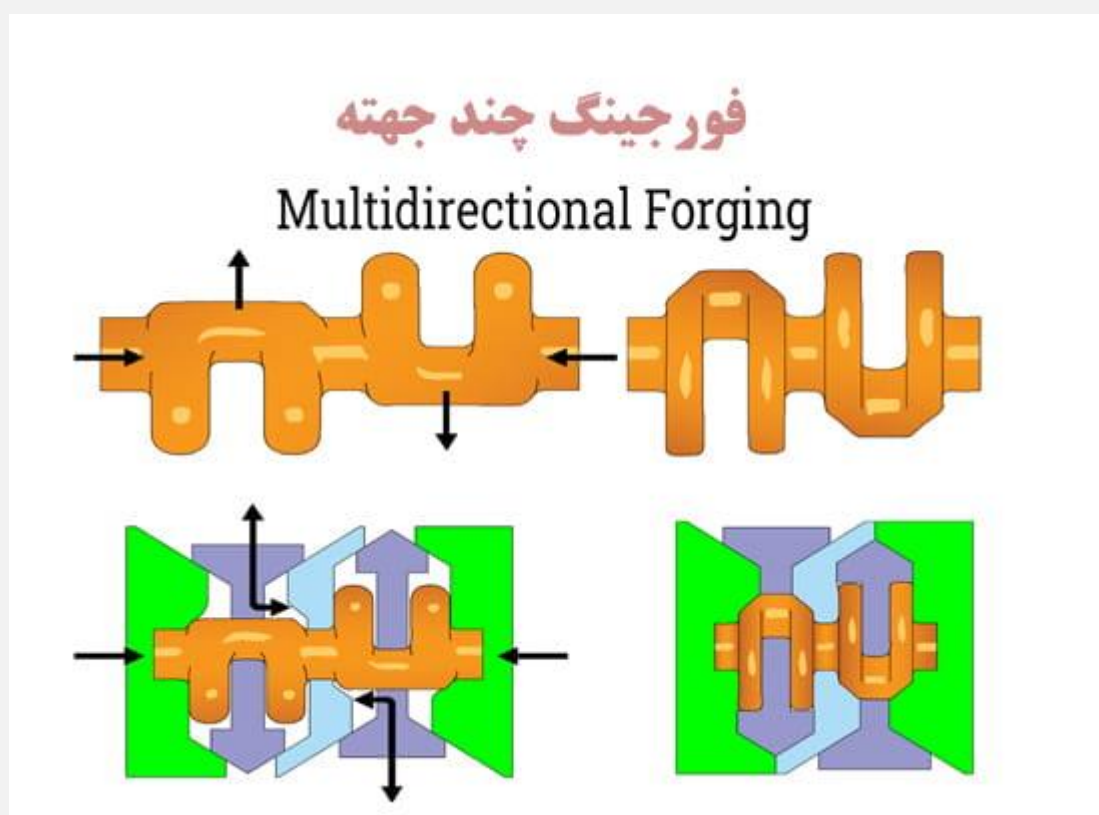


## ۸-۳# فورجینگ چندجهته چیست؟

### (Multidirectional Forging)

فورجینگ چندجهته یک فرآیند فورجینگ گرم برای تولید قطعات پیچیده است که مراحل آن به صورت زیر است:

۱. یک میله فولادی در دمای اتاق به دستگاه فورجینگ وارد می شود.
۲. همان طور که میله وارد می شود، توسط سیم پیچ های القایی تا دمای بین ۱۰۹۳ تا ۱۳۱۵ درجه سانتی گراد گرم می شود.
۳. قطعه کار گرم شده از مسیر فورج چندجهته عبور می کند و قوس هایی در هر دو جهت افقی و عمودی در آن شکل می گیرد.



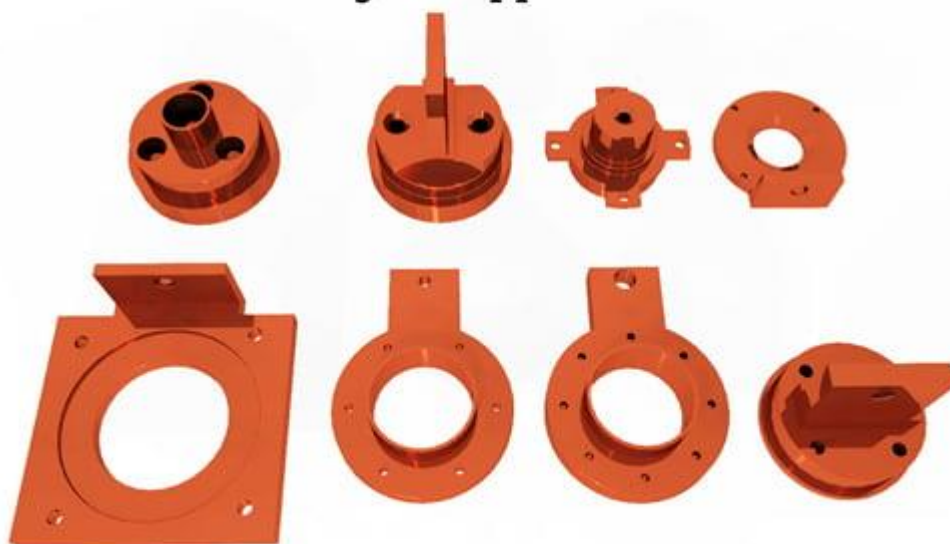
## #۴ مزایای فورجینگ چیست؟

فورجینگ یکی از روش های محبوب تولید در میان صنعتگران است. آیا می دانید دلیل محبوبیت فورجینگ چیست؟

- استحکام بالا در جهت فورج شده
- مقاومت به خستگی بالا
- بدون محدودیت در طراحی
- امکان کار با ضخامت های گوناگون
- تولید قطعات با طراحی های پیچیده
- سرعت تولید بالا
- کیفیت بالای سطح قطعات
- بازدهی بالای خط تولید
- امکان بازیابی قطعات تولیدی

## قطعات فورج شده مسی

### Forged Copper Parts



سخن آخر

فورجینگ یک فرآیند محبوب شکل دهی فلزات به دو روش گرم و سرد است که بر روی اغلب فلزات قابلیت اجرا دارد. قطعه تهیه شده به روش فورجینگ خواص متالورژیکی و مکانیکی ویژه ای دارد که به آن سختی، استحکام و مقاومت به سایش بالایی می دهد.