

# پودمان ۵

## فناوری در تولید



## واحد یادگیری ۵

### فناوری در تولید

#### مقدمه

در ساده‌ترین حالت می‌توان گفت فناوری در تولید شامل هر دستگاهی است که به کارگیری آن موجب تولید یک محصول ملموس برای یک کسب و کار شود. فناوری می‌تواند شامل دستگاه‌ها و تجهیزات موجود در کارگاه‌های کوچک تا خطوط تولید و مونتاژ مکانیزه در کارخانجات بزرگ شود. تولید مدرن به صورت فزاینده‌ای خودکار و تحت تأثیر فناوری‌های جدید است. این سیستم‌ها و فناوری‌های جدید شامل اتوماسیون، نانو تکنولوژی، محاسبات ابری، اینترنت اشیا و ... می‌شود. این فناوری‌ها چهره تولید را به گونه‌ای تغییر می‌دهند که تنها چند دهه پیش قابل تصور بود.

#### آیا تا به حال پی برده اید؟

- چرا تولید در گذشته بسیار مشکل تر بوده است؟
- قطعات پیچیده و حساس در صنایع مختلف چگونه ساخته می‌شوند؟
- خط تولید محصولات با تیراژ بالا چگونه است؟
- تولید در آینده به چه شکل خواهد بود؟

هدف از این واحد یادگیری آشنایی هنرجو با مسیر فناوری در فرایند تولید از گذشته تا امروز و چشم انداز آینده آن است. در این واحد یادگیری هنرجو با انواع فناوری‌های امروزی و نوین مواد، تجهیزات و ماشین آلات، زمینه‌های کاربرد این فناوری‌ها در تولید و اهمیت به کارگیری آنها در کارخانه‌ها و کارگاه‌ها به منظور تولید سریع‌تر، باکیفیت بالاتر و کارآمدتر آشنا می‌شود.

## فناوری چیست؟

همه ما روزانه فعالیت‌هایی را انجام می‌دهیم که فناوری در آن نقش اساسی دارد؛ اینترنت و تلفن همراه هوشمند برخی از این فناوری‌ها هستند. اما فناوری چیست؟ تعاریف متعددی از فناوری شده است که در ادامه به برخی از آنها اشاره خواهد شد؛

«فناوری، به کارگیری عملی دانش کسب شده است که از طریق تحقیق‌های تئوری در رابطه با یک مشکل تولیدی خاص صورت می‌گیرد.

«فناوری زاده‌فرایند تحقیق و توسعه است.»

در معنای لغوی، فناوری را به معنای «کاربرد روش و ابزار تعریف می‌کنند.» شکل ۱ کاربردی از فناوری نوین را نشان می‌دهد.



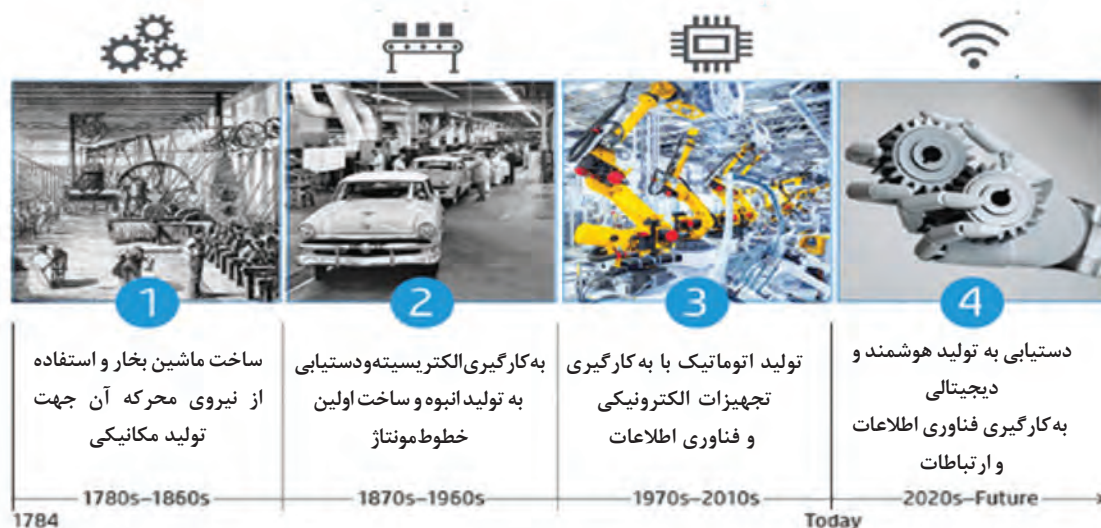
شکل ۱: استفاده از رایانه در فناوری‌های تولید

- در مورد فعالیت‌هایی که روزانه انجام می‌دهید فکر کنید، سپس به سؤالات زیر پاسخ دهید.
- ۱- پیشرفت علم و فناوری چه کمکی در ساده‌تر شدن فعالیت‌های روزانه کرده است؟
  - ۲- چه ابزارهایی در این فعالیت‌ها به شما کمک می‌کنند؟
  - ۳- این فعالیت‌ها در گذشته چگونه انجام می‌شده است؟

کار کلاسی



فناوری از گذشته تا به امروز همواره با ما بوده و این روند در آینده نیز ادامه خواهد داشت. شکل ۲ مسیر توسعه فناوری را از گذشته تا به امروز و همچنین چشم اندازی از آینده آن را نشان می‌دهد.



شکل ۲: روند پیشرفت فناوری از گذشته تا به امروز و چشم اندازی از آینده

با توجه به شکل ۲، در هر مرحله از توسعه چه فناوری به ماشین‌ها و ابزارهای ساخت اضافه شد؟ و آن فناوری چه تأثیری در فرایند ساخت داشته است؟

پژوهش



## نقش فناوری

امروزه فناوری نقش بسیار مهمی در زندگی ما ایفا می‌کند و زندگی را آسانتر کرده است. برای پی بردن به اهمیت فناوری کافی است لحظه ای خودتان را بدون فناوری‌هایی که به طور روزانه از آنها استفاده می‌کنید تصور کنید. به عنوان مثال، زندگی بدون تلویزیون و اینترنت. به کارگیری فناوری در فرایند تولید را اصطلاحاً **تولید پیشرفته** می‌نامیم و هدف از آن دستیابی به تولید سریعتر، ساده تر و کارآمدتر می‌باشد.

**تولید پیشرفته:** به کارگیری تجهیزات فناوری اطلاعات و ارتباطات (رایانه، نرم افزار، شبیه‌سازی، مدل سازی و ...) برای انجام محاسبات، طراحی، برنامه ریزی، اجرا، بازرسی، ارجاع متقابل اطلاعات و شبکه می‌باشد.

امروزه در کارگاه‌های صنعتی ساده بسیاری از ابزارهای دستی با ابزارهای الکترونیکی پیشرفته‌تری جایگزین شده‌اند. این جایگزینی امکان تولید محصولات با کیفیت بالاتر در زمان کوتاه‌تری را فراهم می‌کند.

در صنایع بزرگ، مثل کارخانه‌های خودروسازی، برای پیشرفته‌تر شدن فرایند تولید، از رایانه‌ها

استفاده می‌شود. در این کارخانه‌ها بسیاری از ماشین‌آلات و مراحل تولید تحت کنترل رایانه‌ها هستند این مسئله سبب می‌شود محصولات پیچیده به صورت یکنواخت و با کیفیت و سرعت بالا تولید شوند.

فهرستی از ابزار جایگزین شده با رایانه در رشته صنایع فلزی تهیه کنید.

تمرین



## انواع فناوری در تولید

همان‌طور که در شکل ۲ آمده است، فناوری را می‌توان در دو دسته تقسیم نمود؛ الف- فناوری نوین؛ به فناوری‌هایی گفته می‌شود که در مرحله سعی و خطا هستند و ممکن است در آینده از آنها بتوان در تولید بهره برد. ب- فناوری روز؛ به فناوری‌هایی گفته می‌شود که امروزه در تولید از آن استفاده می‌کنیم. برای مثال می‌توان از به کارگیری فناوری ربات در جوشکاری مقاومتی نام برد.

## فناوری‌های نوین در تولید

چاپگرهای سه بعدی<sup>۱</sup>، اینترنت اشیا<sup>۲</sup>، نانوتکنولوژی<sup>۳</sup>، رایانش ابری<sup>۴</sup> و واقعیت افزوده<sup>۵</sup> فناوری‌هایی هستند که در آینده می‌توانند نقش بسزایی در زندگی بشر و تولیدات صنعتی ایفا کنند. **فناوری چاپگر سه بعدی (3D Printing)** چاپگر سه بعدی یا تولید افزایشی (AM)<sup>۶</sup> به مجموعه‌ای از محصولات گفته می‌شود که توسط فناوری چاپگرها یا پرینترهای سه‌بعدی تولید شده باشند.

معنی واژه AM در واقع ساخت یک شیء به وسیله افزودن ماده به آن به صورت لایه به لایه می‌باشد.

مثال ساده از فناوری AM را در غارهای ماقبل تاریخ، جایی که قطرات آب حاوی مواد معدنی بعد از هزاران سال بر روی هم چکیده و تاقدیس‌ها را به وجود آورده، می‌توان نام برد. با این تفاوت که پرینترهای سه بعدی بر خلاف تاقدیس‌های هزاران ساله در عرض مدت کوتاهی و

۱- 3D Printing

۲- IOT: Internet of Things

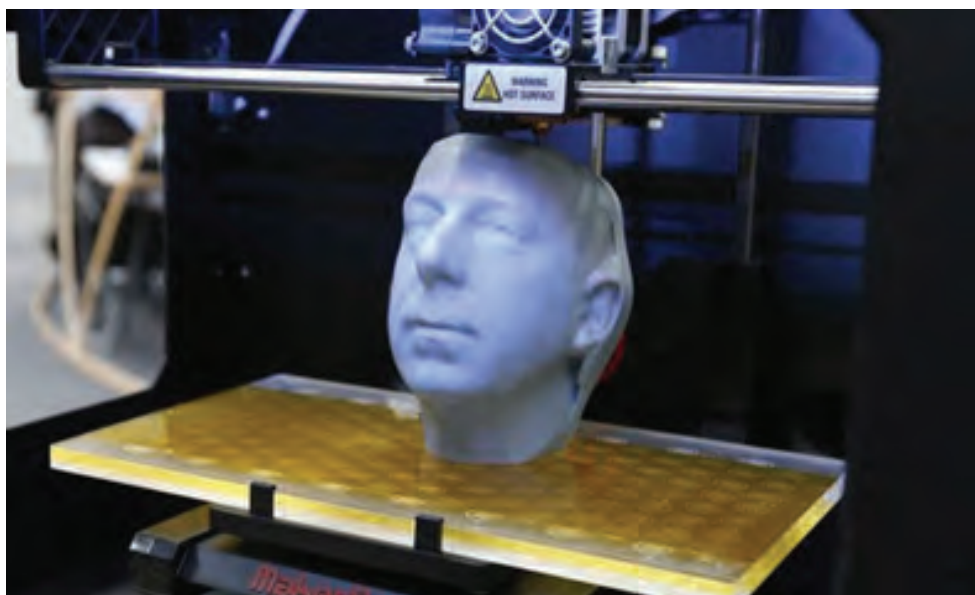
۳- Nano Technology

۴- Cloud Computing

۵- Augmented Reality

۶- Additive Manufacturing

با طرح و برنامه قبلی از رایانه، اشیاء مورد نظر ما را به وجود می آورند. در واقع رایانه، به وسیله نرم افزار ویژه به طور دقیق جای هر لایه را مشخص کرده تا در نهایت به طرح مورد نظر ختم شود. ساخت افزایشی و چاپ سه بعدی به طور چشمگیری در حال رشد است. فناوری جدیدی که به عنوان آغازی برای ساخت سریع نمونه های اولیه از محصولات پزشکی، دندان پزشکی، هوافضا و یا صنایع خودرو به کار می رود.



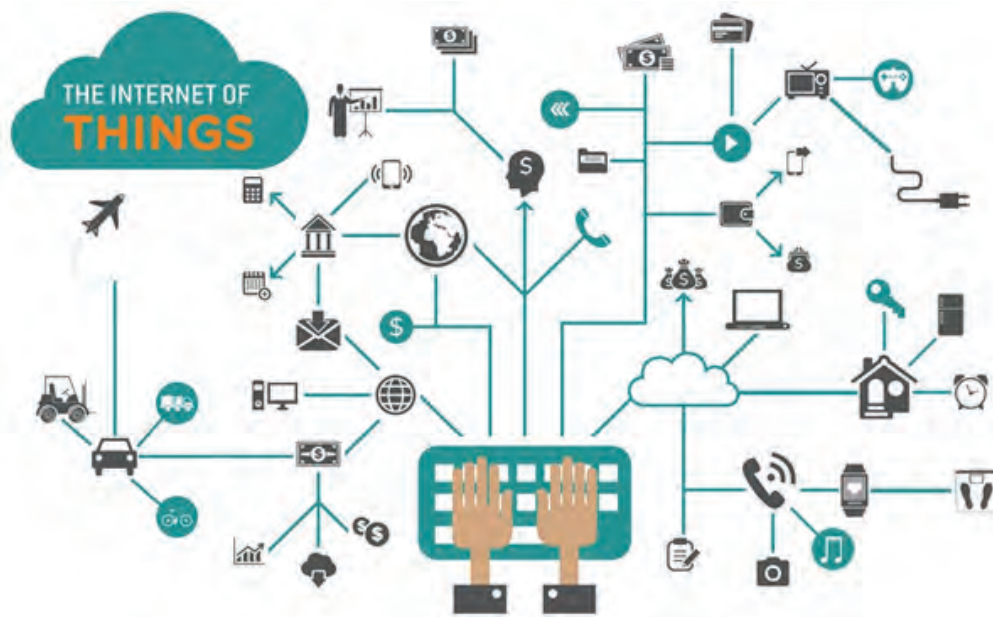
شکل ۳: نمونه محصول چاپگر سه بعدی



نخستین بار در اواخر دهه ۱۹۸۰ و اوایل دهه ۱۹۹۰ از فناوری چاپگر سه بعدی در نمونه‌سازی سریع استفاده شد. نمونه‌های اولیه به سازندگان اجازه می‌دهند پیش از تولید عمده و عرضه محصول خود با دقت بیشتری طراحی آن را بررسی و حتی کارایی آن را آزمایش کنند. به کمک این فناوری، ساخت نمونه‌های اولیه از چند ماه به چند روز یا چند ساعت کاهش یافت. طراحان در نمونه‌سازی سریع با استفاده از نرم‌افزارهای CAD، طرح اولیه را به رایانه می‌دهند و سپس دستگاه با دریافت دستورات، آن را اجرا می‌کند. این فرایند که بر پایه ایجاد اشیا با پرینت و بر پایه طرح لایه به لایه به وجود آمد و به عنوان چاپ سه‌بعدی شناخته می‌شود.

### فناوری اینترنت اشیا (Internet Of Things)

اینترنت اشیا (IOT به اختصار) به طور کلی اشاره دارد به بسیاری از اشیا و وسایل محیط پیرامون مان که به شبکه اینترنت متصل شده‌اند و می‌توان توسط کاربردهای موجود در تلفن‌های هوشمند و تبلت آنها را کنترل و مدیریت کرد (شکل ۴). اینترنت اشیا برای نخستین بار در سال ۱۹۹۹ توسط کوین اشتون مورد استفاده قرار گرفت و جهانی را توصیف کرد که در آن هر چیزی، از جمله اشیا بی‌جان، برای خود هویت دیجیتال داشته باشند و به رایانه‌ها اجازه دهند آنها را سازماندهی و مدیریت کنند. اینترنت در حال حاضر همه مردم را به هم متصل می‌کند ولی با اینترنت اشیا تمام اشیا به هم متصل می‌شوند. اینترنت اشیا مفهومی جدید در دنیای فناوری و ارتباطات بوده و به طور خلاصه فناوری مدرنی است که در آن برای هر موجودی (انسان، حیوان و یا اشیا) قابلیت ارسال داده از طریق شبکه‌های ارتباطی، اعم از اینترنت یا اینترانت، فراهم می‌شود.



شکل ۴: نمای کلی از IoT

بستر اینترنت اشیا بر امواج رادیویی بی‌سیم قرار داده شده که به دستگاه‌های مختلف این امکان را می‌دهند تا از طریق اینترنت به یکدیگر متصل شوند. این بستر شامل استانداردهایی مانند وای‌فای، بلوتوث کم‌مصرف، NFC، RFID و غیره است که شاید تاکنون اسم آنها را هم نشنیده باشید. قفل‌های هوشمند، ترموستات‌های هوشمند، خودروهای هوشمند، مطمئناً اینها واژه‌هایی هستند که در سال‌های آتی بیشتر خواهید شنید.

همه دستگاه‌های یادشده در دسته‌ای به نام اینترنت اشیا قرار می‌گیرند. در سطح پایه‌ای، اینترنت اشیا در واقع به ارتباط اشیای مختلف از طریق اینترنت و برقراری ارتباط با یکدیگر می‌پردازد تا هدف آن یعنی فراهم کردن تجربه کارا تر و هوشمندتر محقق شود. همانند دیگر تکنولوژی‌های جدید، IoT نیز می‌تواند در ابتدا مفهومی سردرگم‌کننده به نظر برسد. همچنین این واژه به‌ویژه هنگامی که صحبت از استانداردهای مختلف و همچنین ایمنی و امنیت آن می‌شود می‌تواند مفاهیم جدید و ویژه‌ای پیدا کند. به عبارت دیگر ایده طراحی دستگاه‌های مختلف با امکان برقراری ارتباط بی‌سیم به منظور رهگیری و کنترل از طریق اینترنت و یا حتی یک برنامه ساده مخصوص گوشی‌های هوشمند، اصطلاح اینترنت اشیا را توصیف می‌کند.

## فناوری نانو

بدون شک محصولات، مواد و کاربردهای نانو فناوری انقلابی در چشم انداز آینده تولید است. امروزه تحقیقات در زمینه فناوری نانو در آزمایشگاه‌های سراسر جهان جهت توسعه آن در حال انجام است. برخی از انواع نانو مواد شامل نانولوله‌های کربن، ساختارهای نانو کامپوزیت یا نانوذرات یک ماده خاص می‌شوند. فناوری نانو، پتانسیل ایجاد مواد و دستگاه‌های جدید را در طیف گسترده‌ای از برنامه‌های کاربردی مانند پزشکی، الکترونیک، تولید و انرژی دارد.

### فناوری نانو چیست؟

طبق تعریف اتحادیه نانو فناوری ایالت متحده آمریکا، نانو فناوری درک و کنترل ماده در ابعاد بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر است که در این ابعاد در مواد پدیده‌های منحصر به فردی رخ می‌دهد. برخی خواص آن تغییر می‌کند لذا زمینه‌های کاربرد فناوری نانو را به وجود می‌آورد. برای درک مقیاس نانو در شکل ۵ محصولات نانو تکنولوژی با سایر پدیده‌های موجود در محیط اطراف با هم مقایسه شده‌اند.

### ضخامت ورق کاغذ حدود ۱۰۰۰۰۰ نانومتر است.

خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی غیر معمول می‌تواند در مواد در مقیاس نانو ظاهر شود (شکل ۵). این خواص ممکن است از ویژگی‌های مواد بالک و اتم‌ها یا مولکول‌ها متفاوت باشد. برخی از تغییراتی که در مقیاس نانو مشاهده می‌شود عبارت اند از: تغییر رنگ، شفافیت، واکنش‌پذیری، استحکام، خواص مغناطیسی، رسانایی و ... این را هم باید در نظر گرفت که تغییر همیشه به معنای بهتر شدن نیست.





شکل ۵: مقایسه ابعاد نانو با سایر پدیده های محیط اطراف

## فناوری رایانش ابری (Cloud Computing)

رایانش ابری عبارت است از نگهداری و دسترسی به داده‌ها و برنامه‌ها بدون محدودیت، به عبارت دیگر اطلاعاتتان دیگر محدود به رایانه شما نیست و در سراسر اینترنت در دسترس می‌باشد. ابر را می‌توان استعاره‌ای برای اینترنت دانست. ابر در واقع هارد درایو فیزیکی رایانه‌ی نیست. هنگامی که داده‌ها را روی هارددیسک خود ذخیره می‌کنید یا برنامه‌ای را از روی هارد اجرا می‌کنید، در واقع با فضای ذخیره‌سازی و پردازش محلی کار کرده‌اید. در این شرایط هر آنچه نیاز دارید از نظر فیزیکی به شما نزدیک است و این یعنی می‌توانید به آسانی و با سرعت بالا به داده‌های خود دسترسی داشته باشید. رایانش ابری را این‌گونه در نظر بگیرید که امکان دسترسی به داده‌ها یا برنامه‌های شما از سراسر اینترنت فراهم باشد یا حداقل یک سری داده را با سایر اطلاعات موجود در وب همگام‌سازی کرده باشید. در کسب و کارهای بزرگ، شاید نیاز داشته باشید که اطلاعاتی در مورد آن سوی اتصال داشته باشید (شکل ۶).

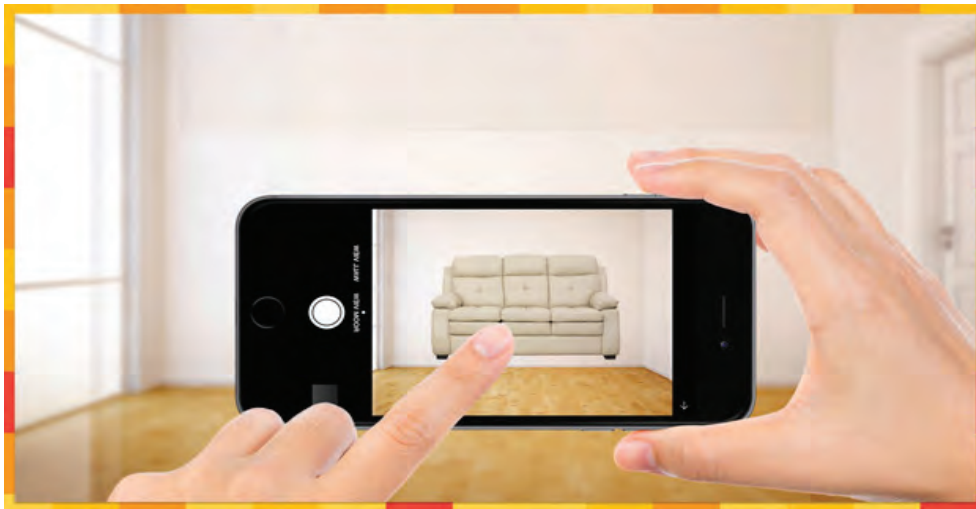


شکل ۶: فناوری رایانش ابری

روند پیشرفت و توسعه ابر به شکلی است که انتظار می‌رود در سال‌های آینده باعث تحول عظیم در تولید شود.

## فناوری واقعیت افزوده

واقعیت افزوده<sup>۱</sup> به فناوری اطلاق می‌شود که به صحنه‌های واقعی، ویژگی‌ها و عناصر مجازی اضافه می‌کند. در واقعیت افزوده بخشی از اطلاعاتی که کاربر درک می‌کند، در دنیای واقعی وجود دارند و بخشی توسط کامپیوتر ساخته شده‌اند. واقعیت افزوده که به اختصار AR نامیده می‌شود، در عمل چیزی نیست جز تماشای یک پدیده در دنیای واقعی که به آن اطلاعات دیداری، شنیداری و مکانی، اطلاعات برخاسته از GPS، افزوده شده است.



شکل ۷: کاربرد واقعیت افزوده در چیدمان فضای اتاق



شکل ۸: کاربرد واقعیت افزوده در تحلیل سازه‌های ساختمانی



با وجود شکست پروژه عینک گوگل در واقعیت افزوده، فرضیه عینک واقعیت افزوده به اندازه کافی عملی است. این فناوری در فرایند تولید پتانسیل بالایی ایجاد کرد که برخی از آنها عبارتند از:

- ارائه دستورالعمل در زمان واقعی
- اعلان‌ها در زمان واقعی
- نظارت بر کارهای کارگران در زمان واقعی
- بهبود اعلان خطرها
- آموزش بسیار مؤثر
- کاهش ضرورت برای تعمیر و نگهداری در سایت

## فناوری‌های روز در تولید

به‌طور کلی برای تولید یک مصنوع فلزی چه در یک کارگاه کوچک یا در یک کارخانه بزرگ تولیدی از فرایندهای برشکاری، خمکاری، پرسکاری، جوشکاری، مونتاژ و عملیات تکمیلی استفاده می‌شود. معمولاً در کارگاه‌های کوچک از روش دستی این فرایندها استفاده می‌شود؛ به عنوان مثال، برشکاری ورق با قیچی دستی، اهرمی و خمکاری ورق با خم‌کن‌های دستی.

از سوی دیگر، در کارخانه‌های تولیدی که به صورت سری تولید می‌کنند اکثر این فرایندها به صورت ماشینی و با فناوری‌های پیشرفته صورت می‌گیرد. در حقیقت فناوری نقش اساسی در افزایش سرعت تولید، کیفیت و راندمان محصولات تولیدی ایفا می‌کند (شکل ۹).



شکل ۹: فناوری روز در صنعت خودرو سازی

از گذشته تا به امروز فناوری‌های متعددی در تولید نقش داشتند که از جمله پیشرفته‌ترین آنها می‌توان به فناوری کنترل عددی رایانه‌ای و ربات اشاره کرد که در توسعه فرایندهای برشکاری، خمکاری، پرسکاری، جوشکاری، مونتاژ و عملیات تکمیلی نقش بسزایی داشته‌اند.

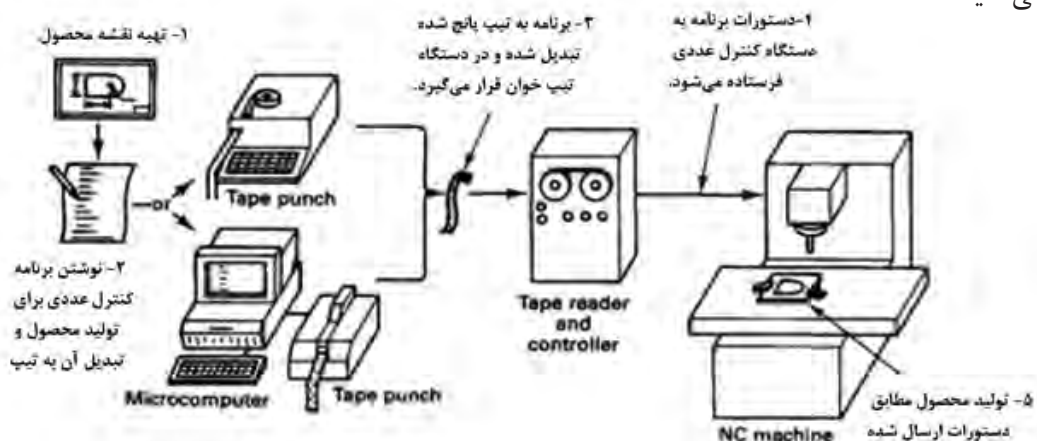
## فناوری کنترل عددی رایانه‌ای ماشین آلات<sup>۱</sup> (CNC)

با پیشرفت فناوری، از رایانه‌ها برای کنترل ماشین‌آلات تولیدی استفاده شده است. در حین به کارگیری دستگاه‌ها و تجهیزات مختلف به صورت دستی معمولاً اپراتور دستگاه عملکردهای ماشین مثل تغذیه، سرعت پیشروی، نرخ عملکرد و غیره را با توجه به شرایط و متغیرهای فرایند تنظیم و کنترل می‌کند. اما با به کارگیری فناوری کنترل عددی رایانه‌ای ماشین‌آلات تولید، عملکرد و سرعت حرکت آنها توسط موتورهای تحت فرمان برنامه‌های رایانه‌ای تنظیم و کنترل می‌شود.

**CNC به معنی کنترل منطقی یک ماشین به واسطه اعداد با اعمال پردازش رایانه‌ای است.**

گام‌های اولیه در این زمینه در سال‌های ۱۹۴۰ تا ۱۹۶۰ توسط شرکت‌های سازنده قطعات مورد استفاده در صنایع هوایی و موشک‌سازی در ایالت متحده آمریکا برداشته شد. در واقع در این سال‌ها این شرکت‌ها برای پیشرفت صنایع نیاز به تولید قطعات پیچیده‌تر با عملکرد بهتر و سرعت بیشتر داشتند، به علاوه برای رسیدن به این هدف طراحی‌ها و نقشه‌ها به طور پیوسته تغییر می‌کردند و بر پیچیدگی آنها افزوده می‌شد، بنابراین شرکت‌ها به دنبال راهی برای کنترل اتوماتیک دستگاه‌های ماشین‌کاری، روش کنترل عددی (NC) را ابداع کردند.

در این زمان با توجه به عدم وجود رایانه‌های پیشرفته به شکل امروزی و ریزپردازنده<sup>۲</sup> در مدارهای الکتریکی فرایند کنترل دستگاه از طریق نوارهای سوراخ شده<sup>۳</sup> انجام می‌شد. در واقع دستورات لازم در قالب این نوارها به سیستم کنترل کننده دستگاه معرفی می‌شد. در شکل زیر اجزای یک سیستم کنترل عددی را مشاهده می‌کنید.



شکل ۱۰: اجزای یک سیستم کنترل عددی قدیمی (نوار سوراخ شده)

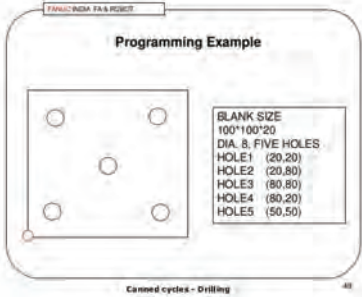
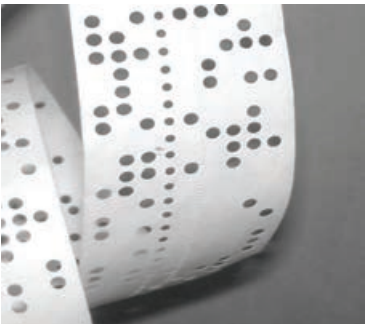
۱- Computer Numerical Control

۲- Micro Processor

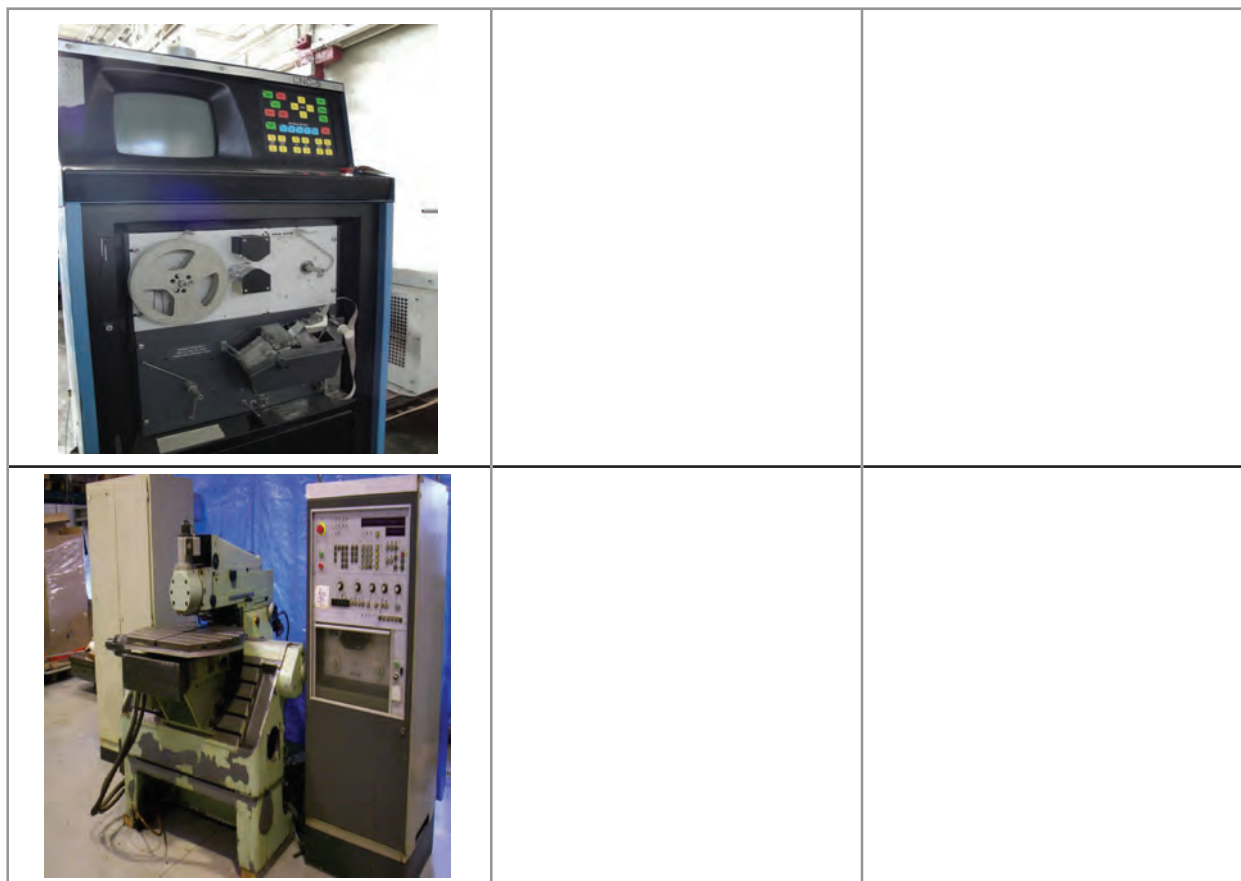
۳- Punched film

در جدول ۱ مراحل کار با سیستم کنترل عددی نشان داده شده است، با توجه به شکل ۱۰ نام هر مرحله و دیگر اطلاعات خواسته شده را تکمیل نمایید.

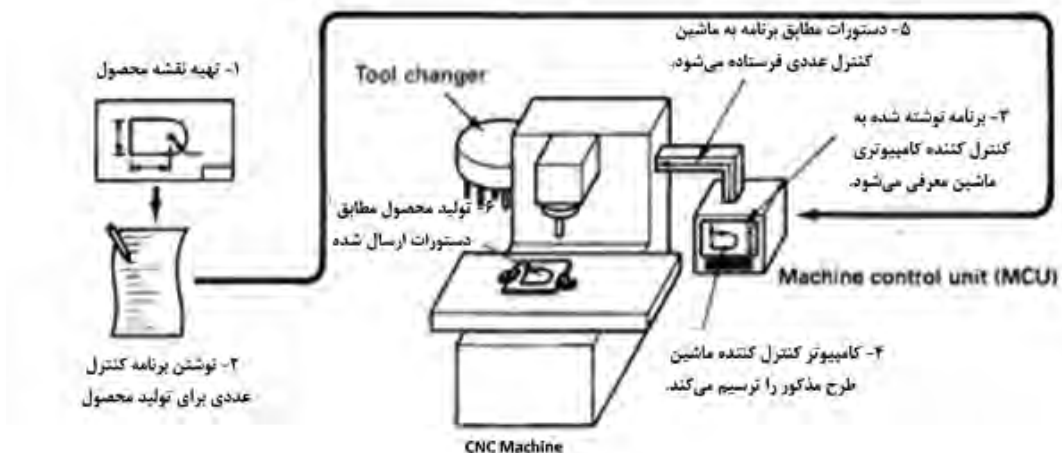
جدول ۱: مراحل کار با سیستم کنترل عددی

شکل	عملکرد و توضیحات	نام مرحله
		
		
		





با پیشرفت علم و ورود به عصر رایانه‌ها و همچنین جایگزینی مدارهای IC با ریزپردازنده‌ها امکان تنظیم و کنترل ماشین‌آلات به کمک رایانه‌ها فراهم شد که همان CNC نام دارد. در این فرایند ماشین توسط فرمان‌های صادر شده توسط پردازنده که در حافظه دستگاه ذخیره شده‌اند کنترل می‌شود. شکل زیر اجزای یک دستگاه CNC را نشان می‌دهد.



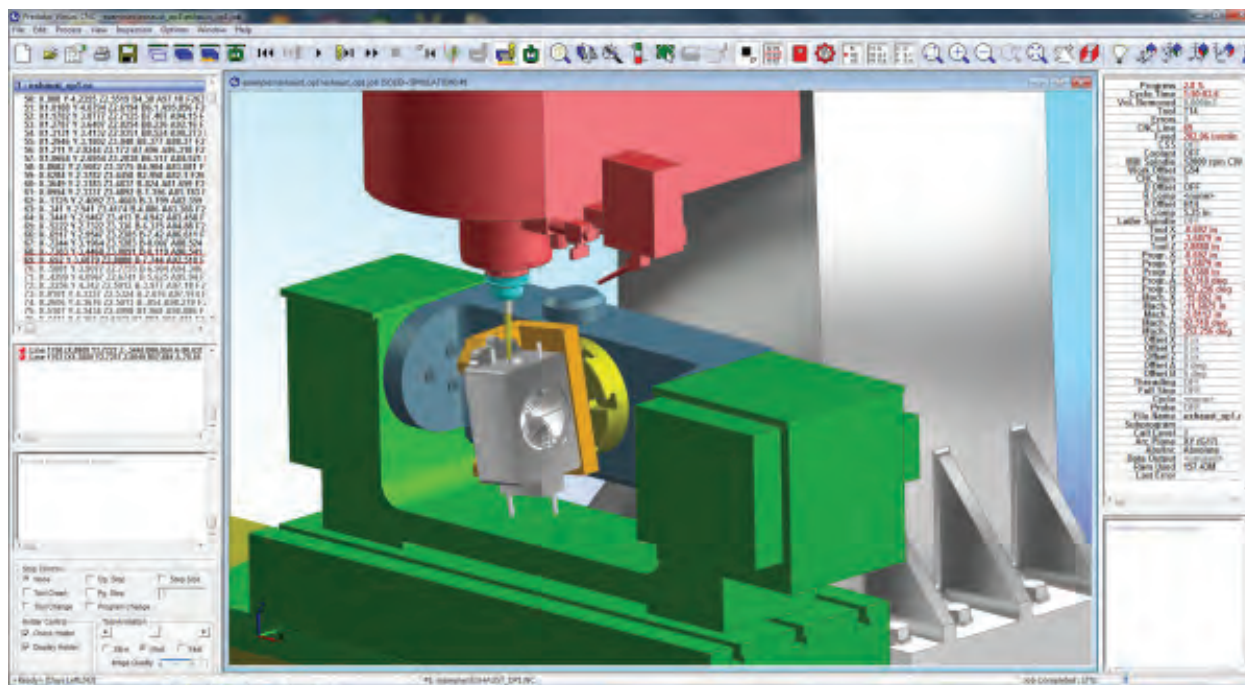
شکل ۱۱: اجزای سیستم کنترل عددی رایانه‌ای (CNC)



بر اساس آنچه آموخته‌اید به سؤالات زیر پاسخ دهید:  
 الف) واحد کنترل کننده دستگاه در CNC با NC چه تفاوتی دارد؟  
 ب) کنترل کننده رایانه‌ای در دستگاه‌های CNC چگونه کار می‌کند؟ (سیستم دودویی)

## مزایای سیستم‌های (CNC)

- ۱- سیستم‌های CNC می‌توانند به‌طور پیوسته استفاده شوند و فقط برای انجام برنامه‌های نگهداری دوره‌ای و تعمیرات خاموش شوند.
- ۲- این ماشین‌ها به افراد با مهارت کمتری نیاز دارند.
- ۳- این سیستم‌ها به راحتی با به‌روز رسانی نرم‌افزار کنترل کننده ماشین قابلیت پیشرفت دارند.
- ۴- آموزش افراد برای به‌کارگیری دستگاه‌ها می‌تواند توسط نرم‌افزار و به صورت مجازی انجام شود.
- ۵- فرایند تولید می‌تواند توسط نرم‌افزار به‌طور مجازی شبیه‌سازی شود لذا نیاز به تولید مدل و نمونه اولیه نیست که خود به صرفه‌جویی در زمان و هزینه منجر می‌شود. شکل ۱۲ نمونه‌ای از شبیه‌سازی فرایند تولید را نشان می‌دهد.



شکل ۱۲: شبیه‌سازی فرایند ماشین‌کاری توسط نرم‌افزار

## معایب سیستم های (CNC)

- ۱- قیمت ماشین آلات CNC بسیار بالاتر از دستگاه های دستی است.
- ۲- اپراتورهای دستگاه های CNC فقط به آموزش مهارتهای پایه نیاز دارند و با همان آموزش پایه قادر به کنترل چندین نوع دستگاه هستند لذا نیاز به نیروی انسانی کم می شود.
- ۳- با به کارگیری این دستگاه ها مصرف برق و نیاز به تعمیرات سیستم های قدرت افزایش می یابد که در تیراژهای کم تولید به بالا رفتن هزینه منجر می شود.

## کاربردهای دستگاه های (CNC)

دستگاه های CNC انواع بسیار گسترده و متفاوتی دارند.

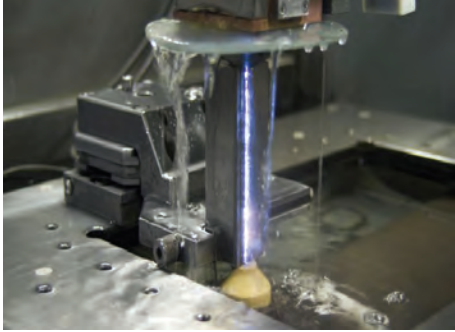
درباره انواع دستگاه های CNC تحقیق کنید و جدول ۲ را کامل کنید.

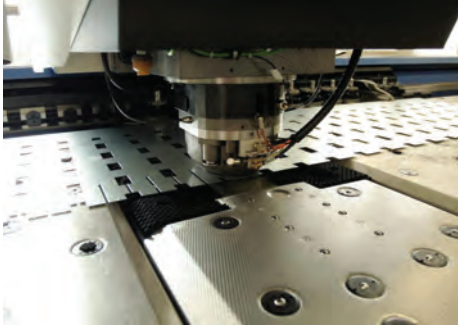
تمرین



جدول ۲

شکل	انواع	نوع دستگاه
		
		







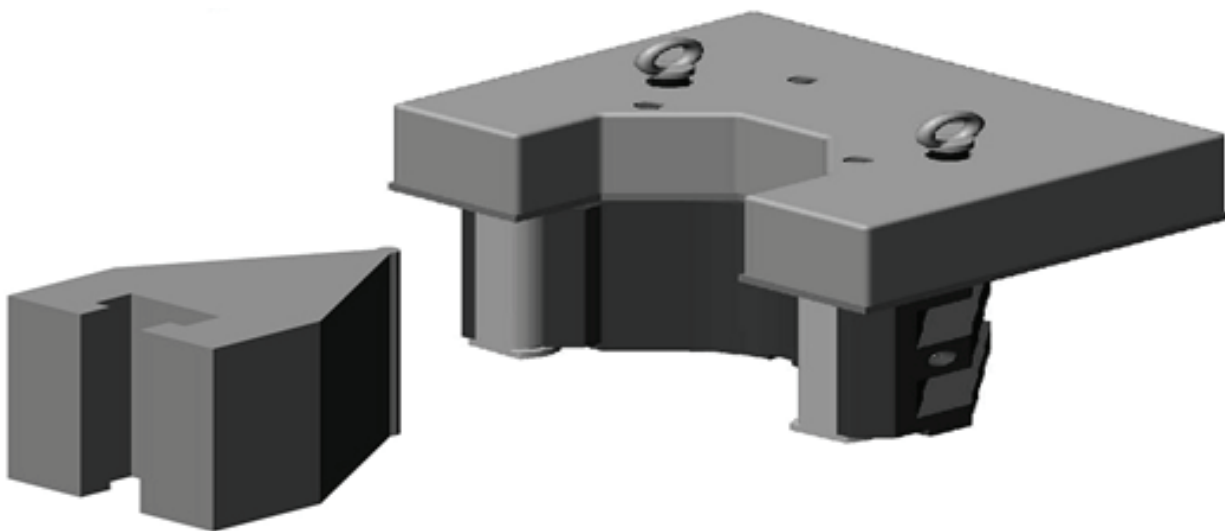
## انواع دستگاه‌های (CNC) جوشکاری و برشکاری

### دستگاه برک پرس:

این دستگاه برای خم کردن ورق‌های فلزی استفاده می‌شود. در این دستگاه عمل خم کردن توسط یک قالب سنبه و ماتریس انجام می‌شود. شکل ۱۳ نمونه‌ای از این دستگاه را نشان می‌دهد.






شکل ۱۳: دستگاه برک پرس



شکل ۱۴: سنبه و ماتریکس دستگاه برک پرس



انتخاب این دستگاه‌ها معمولاً بر اساس توان (تناژ) و طول ورق انجام می‌شود.

تصویر	مرحله
	۱
	۲
	۳

شکل ۱۵: مراحل خم کردن یک ورق فلزی با برک پرس




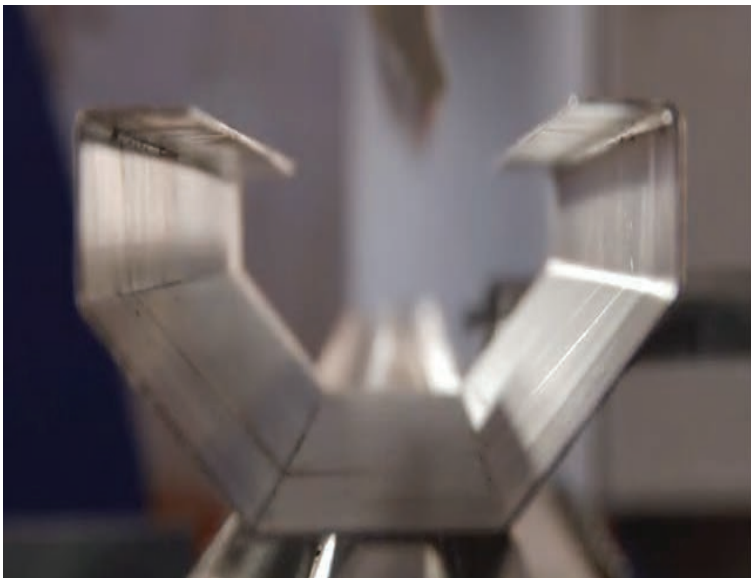
۴



۵



۶

	۷
	۸

با توجه به تصاویر فوق مراحل و مکانیزم انجام این فرایند را شرح دهید و آن را با فرایند دستی مقایسه کنید.  
شکل ۱۶ دستگاه برک پرس مجهز به سیستم جابه‌جایی هوشمند قطعات را نشان می‌دهد.

تمرین



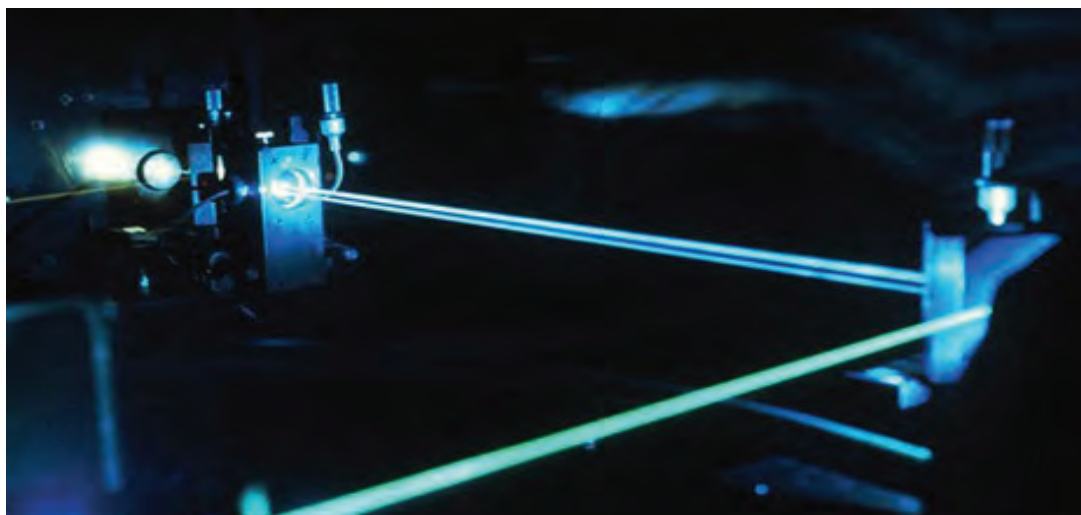


شکل ۱۶: دستگاه برک پرس با جابه‌جایی هوشمند قطعات برای ساخت تیر چراغ برق

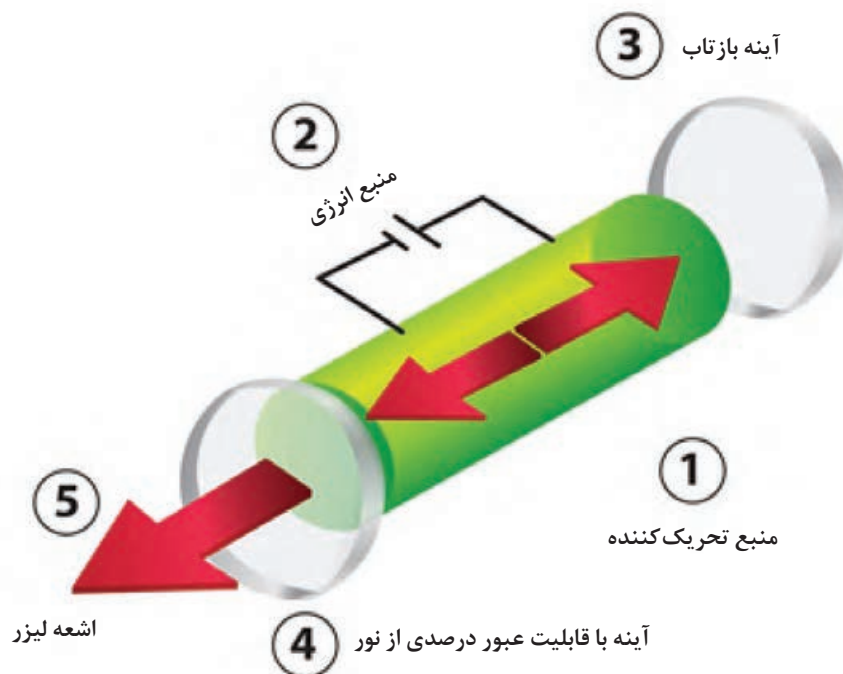
این دستگاه کاربردهای متعددی در صنعت دارد که برخی از آنها عبارت‌اند از: تابلو سازی، آسانسور سازی، کابینت سازی، یخچال سازی، دکل سازی، نیروگاه‌ها، شرکت‌های نفتی و گازی

## فناوری لیزر

دستگاه لیزر نور را به صورت پرتوهای موازی و بسیار باریک که انرژی بالایی دارند ساطع می‌کند (شکل ۱۸). انواع مختلفی از لیزر وجود دارد که شامل لیزر گازی، لیزر فیبری، لیزر جامد و لیزر خشک می‌باشد. همان‌طور که در شکل ۱۸ نشان داده شده است، این لیزرها دارای اجزای مشابهی هستند.



شکل ۱۷: پرتو لیزر



شکل ۱۸: اجزای منابع ساطع کننده پرتو لیزر

لیزر جزء اصلی بسیاری از محصولات هستند که ما روزانه از آنها استفاده می‌کنیم، DVD Player یکی از کاربردهای لیزر هست که برای خواندن اطلاعات از روی درایو به کار می‌رود. کاربردهای متنوعی برای فناوری لیزر وجود دارد که برخی از آنها شامل:

- پردازش اطلاعات از روی درایو
- خواندن بارکد روی محصول
- جراحی با لیزر
- آنالیز لیزری
- برشکاری و جوشکاری لیزر
- ماشین کاری با لیزر
- حک کاری با لیزر

در جدول صفحه بعد کاربردهای اشعه لیزر در زمینه‌های مختلف را بیان کنید و همین نوع کاربرد را بر اساس سه ویژگی پرتو لیزر مشخص کنید.

تمرین

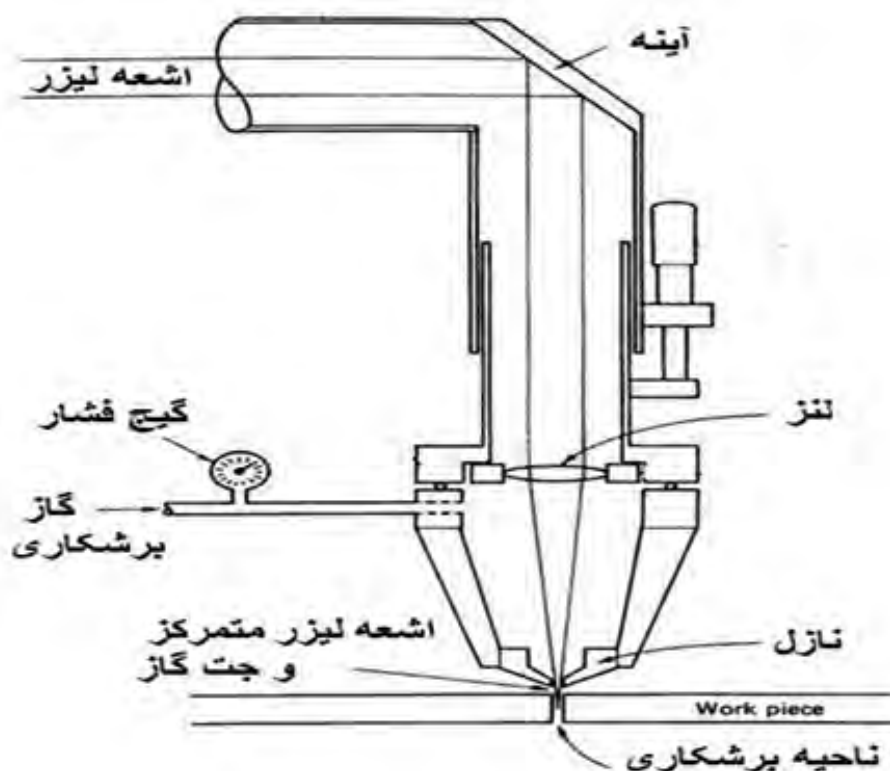










- ۱- پرتو پرنرژی لیزر توسط منبع تولید کننده تابیده می شود.
  - ۲- پرتو تولید شده بر روی ناحیه مورد نظر متمرکز می شود. آیا می دانید چگونه؟ (تجربه متمرکز کردن نور خورشید با استفاده از ذره بین)
  - ۳- پرتو متمرکز شده باعث گرم شدن ماده تا دمای ذوب می شود و یک ناحیه ذوب موضعی در امتداد ضخامت ماده ایجاد می شود.
  - ۴- مذاب تولید شده به وسیله دمیدن یک گاز با فشار زیاد (جت گاز) از ناحیه مورد نظر خارج می شود.
  - ۵- این ناحیه ذوب موضعی در سطح ماده با حرکت پرتو لیزر حرکت می کند و برشکاری در امتداد مسیر مذکور انجام می شود.
- شکل ۲۰ مکانیزم انجام برشکاری به وسیله پرتو لیزر را نشان می دهد.



شکل ۲۰: مکانیزم انجام برشکاری توسط پرتو لیزر

در شکل فوق و مراحل ذکر شده دقت کنید و بگویید هر کدام از اجزای نشان داده شده به کدام یک از مراحل فوق مربوط است.  
شکل ۲۱ مراحل انجام برشکاری لیزر را نشان می دهد.

تصویر	مرحله
	۱
	۲
	۳
	۴

	۵
	۶

شکل ۲۱: مراحل انجام برشکاری لیزر

## مزایای برشکاری لیزر

- ۱- سرعت بالا
- ۲- عدم نیاز به تمیز کاری بعد از انجام فرایند
- ۳- دقت بالا
- ۴- قابلیت کنترل فرایند توسط سیستم‌های کامپیوتری
- ۵- با اینکه فرایند به وسیله اعمال گرما انجام می‌شود، اما ناحیه‌ای که از گرما متأثر می‌شود بسیار باریک است. می‌دانید چرا؟
- ۶- این فرایند تماسی نیست و فقط کافی است قطعه کار در مسیر پرتو پر انرژی لیزر قرار بگیرد. به نظر شما این ویژگی چه حسنی دارد؟
- ۷- فرایند بسیار کم سر و صداست.
- ۸- با اینکه هزینه‌های اولیه راه‌اندازی سیستم برشکاری لیزر گران است اما هزینه‌های فرایند حین استفاده پایین است.
- ۹- امنیت استفاده از آن بسیار بالا است.

## فناوری لیزر در جوشکاری

جوشکاری لیزر از جمله روش‌های نوین جوشکاری ذوبی می‌باشد که با تابش پرتو پر انرژی لیزر به سطح مورد نظر، گرمای مورد نیاز برای ایجاد حوضچه مذاب و انجام فرایند اتصال فراهم می‌گردد. در جوشکاری لیزر جوشی نازک و عمیق به دست می‌آید و انرژی ورودی به قطعه در مقایسه با روش‌های رایج بسیار اندک است.



شکل ۲۲: جوشکاری لیزر

این ویژگی اجازه می‌دهد که جوشکاری لیزری در کاربردهای خاصی که در آنها عمق نفوذ به عرض جوش بالا مورد نیاز است به کار رود. عرض کم جوش، عمق نفوذ بالا، استحکام مناسب و پیش‌کش کم جوش‌های لیزر با توجه به نیاز به سبک بودن و مقاومت نسبت به خوردگی، زیبایی ظاهری، حذف مصرف الکتروود و در نتیجه حذف مراحل ماشین‌کاری، و همچنین امکان جوشکاری اتصالات غیرقابل دسترسی، صنایع مختلف را به سمت استفاده بیشتر از این روش سوق داده است.

در فرایند جوشکاری با لیزر، به دنبال تابش پرتو لیزر روی سطح قطعه مورد نظر و جذب آن، گرمای لازم برای ایجاد منطقه مذاب تأمین شده و یک به هم‌آمیختگی از مواد ایجاد می‌شود که پس از انجماد، یک اتصال بین مواد ایجاد می‌کند. هنگامی که اشعه لیزر روی نقطه مورد نظر متمرکز می‌شود، فلز را ذوب کرده و به سرعت یک منطقه جوش کوچک و باریک با راندمان اتصال بسیار بالا ایجاد می‌کند در حالی که کمترین خسارت را نیز بر قطعه وارد می‌کند.

شکل ۲۳ گویای این موضوع است:



شکل ۲۳: مقایسه ابعاد منطقه متأثر از گرما (HAZ) در جوش لیزر و TIG

با کمک آموزگار خود در مورد جوشکاری لیزر فیلمی تهیه کنید و آن را در کلاس نمایش دهید و با توجه به فیلم مراحل انجام جوشکاری را مطابق فوق شرح دهید.

تمرین



## مزایای جوشکاری لیزر

- قابلیت جوشکاری یا برشکاری بیشتر فلزات.
- نیاز به استفاده از گاز محافظ نمی‌باشد.
- امکان جوشکاری نواحی با دسترسی کم یا بدون دسترسی
- مصرف انرژی پایینی دارد.
- منطقه متأثر از گرما کم است.
- تمرکز حرارتی بالا
- امکان اتصال فلزات غیر همجنس
- عدم نیاز به فلز پرکننده
- نیازی به انجام فرایندهای ثانویه نیست.
- بسیار دقیق است.
- توانایی تولید جوش‌های عمیق و باریک را دارد.
- اعوجاج در جوش بسیار کم است.
- جوش‌هایی با کیفیت بالا ایجاد می‌کند.
- امکان جوشکاری قطعات کوچک و نازک وجود دارد.



## محدودیت‌ها

- هزینه اولیه تهیه تجهیزات آن بالا است.
- سطوح حساس به نور قابلیت جوشکاری لیزر را ندارند.
- هزینه‌های نگهداری آن بالا است.
- محدودیت ضخامت دارد.

## جوشکاری و برشکاری پلاسما

پلاسما یک حالت فیزیکی از ماده است. در حالت معمول می‌توان گفت اگر جامد را گرما دهیم به مایع تبدیل می‌شود و اگر به گرم کردن ادامه دهیم مایع به گاز تبدیل می‌شود. حال چنانچه گرم کردن را باز هم ادامه دهیم گاز یونیزه شده که به آن پلاسما می‌گویند. به گاز یونیزه شده پلاسمای داغ گویند که کاربردهای زیادی دارد.



شکل ۲۴: برشکاری پلاسما

جدولی از کاربردهای پلاسما در زمینه‌های مختلف به صورت صفحه بعد تهیه کنید.

تمرین





### جدول ۳: کاربردهای پلاسما

کاربرد	زمینه کاربرد

مطابق جدول فوق یکی از کاربردهای پلاسما در برشکاری و جوشکاری فلزات است، که به آن برشکاری و جوشکاری قوس پلاسما گفته می‌شود.

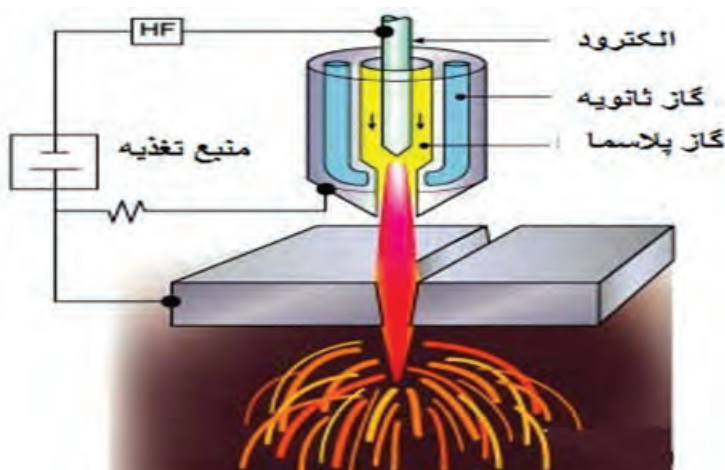
در قوس پلاسما همان‌طور که مشخص است از قوس الکتریکی برای افزایش انرژی ذرات سازنده گاز و تولید پلاسما استفاده می‌شود. فرایند به این شکل است که گاز پلاسما به مجاورت قوس الکتریکی رانده می‌شود در این نقطه گاز توسط قوس الکتریکی گرم شده و به پلاسما تبدیل می‌شود دمای مرکز قوس پلاسما به ۳۰۰۰۰ درجه سلسیوس می‌رسد، سپس برای انجام برشکاری یا جوشکاری به سمت قطعه کار فلزی هدایت می‌شود در آنجا گاز ثانویه به تمرکز بیشتر قوس روی قطعه کار کمک می‌کند.

چرا فقط برای برشکاری فلزات از قوس پلاسما استفاده می‌شود؟

پژوهش کنید







شکل ۲۵ مکانیزم تشکیل قوس پلاسما و برشکاری را مطابق تعریف فوق در تورچ پلاسما نشان می‌دهد. تورچ پلاسما هم به صورت دستی و هم اتوماتیک برای برشکاری و جوشکاری به کار می‌رود. مکانیزم تولید قوس پلاسما و انجام فرایند در هر دو شبیه هم است فقط در حالت اتوماتیک پارامترهای جوشکاری توسط کامپیوتر کنترل می‌شود.



شکل ۲۵: مکانیزم تشکیل قوس پلاسما در تورچ پلاسما

با هدایت قوس به قطعه کار برشکاری و جوشکاری به ترتیب زیر انجام می‌شوند:

شکل ۲۶ مراحل انجام برشکاری قوس پلاسما را نشان می‌دهد.

تصویر	مرحله
	۱
	۲
	۳
	۴



۵

شکل ۲۶

## مزایا و معایب برش پلاسما

### مزایا

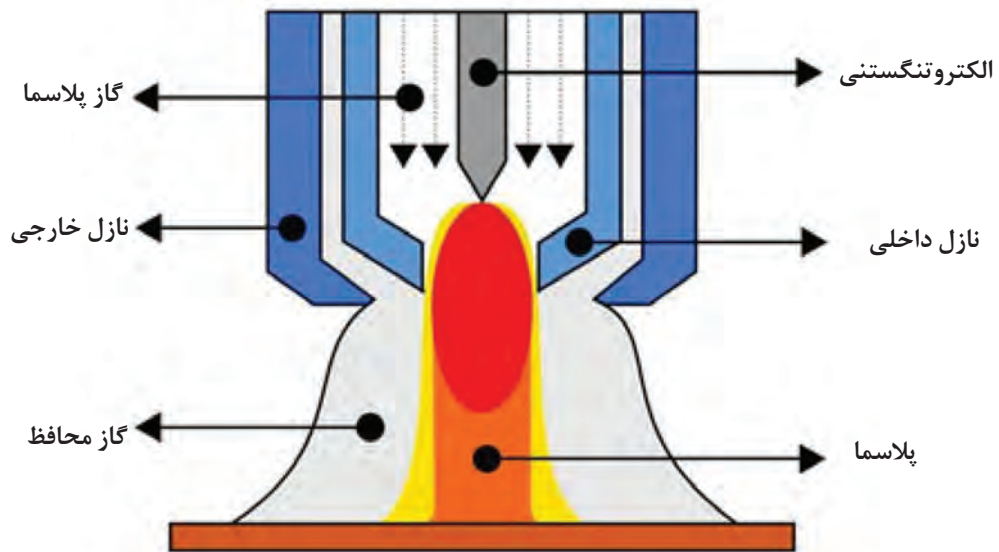
- ۱- احتمال ایجاد تغییر شکل در فلز پایه پایین است.
- ۲- دقت فرایند بالاست.
- ۳- در برشکاری فولاد کربنی، زنگ‌زن و آلومینیم ناحیه برشکاری عاری از سرباره است.
- ۴- در تمام وضعیت‌ها قابلیت به‌کارگیری دارد.
- ۵- برای برشکاری بسیاری از فلزات مثل آلومینیم، فولاد کربنی، فولاد زنگ‌زن، مس و آلیاژهای آن، چدن، نیکل و آلیاژهای آن و برنج کاربرد دارد.

### معایب

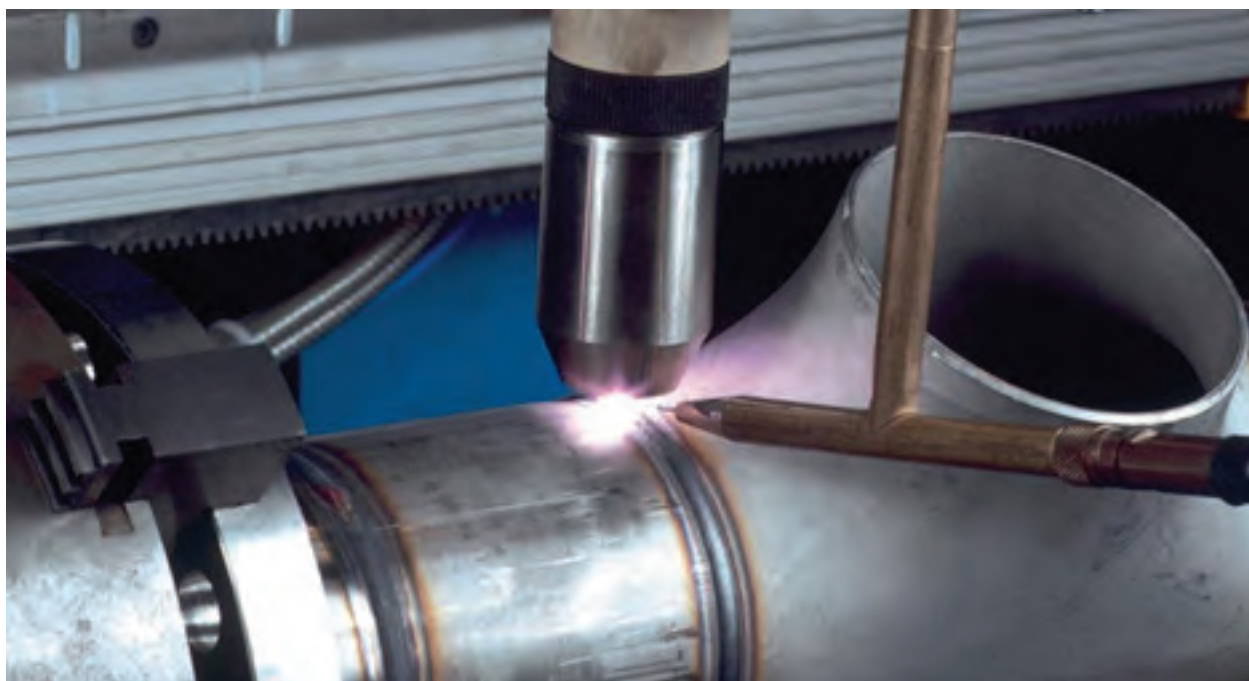
- ۱- درز برشکاری ایجاد شده بسیار باریک است.
- ۲- نیاز به منابع هوای تمیز است.
- ۳- خطر برق‌گرفتگی وجود دارد.
- ۴- به منبع قدرت و جریان الکتریسیته نیاز دارد لذا قابلیت حمل و نقل آن کم است.
- ۵- برای ضخامت‌های بالا مقرون به‌صرفه نیست.

## جوشکاری قوس پلاسما

جوشکاری قوس پلاسما به فرایندی گفته می‌شود که از پلاسما تولید شده و توسط قوس الکتریکی به‌عنوان منبع حرارتی جوشکاری استفاده می‌شود.



شکل ۲۷: مکانیزم جوشکاری قوس پلاسما



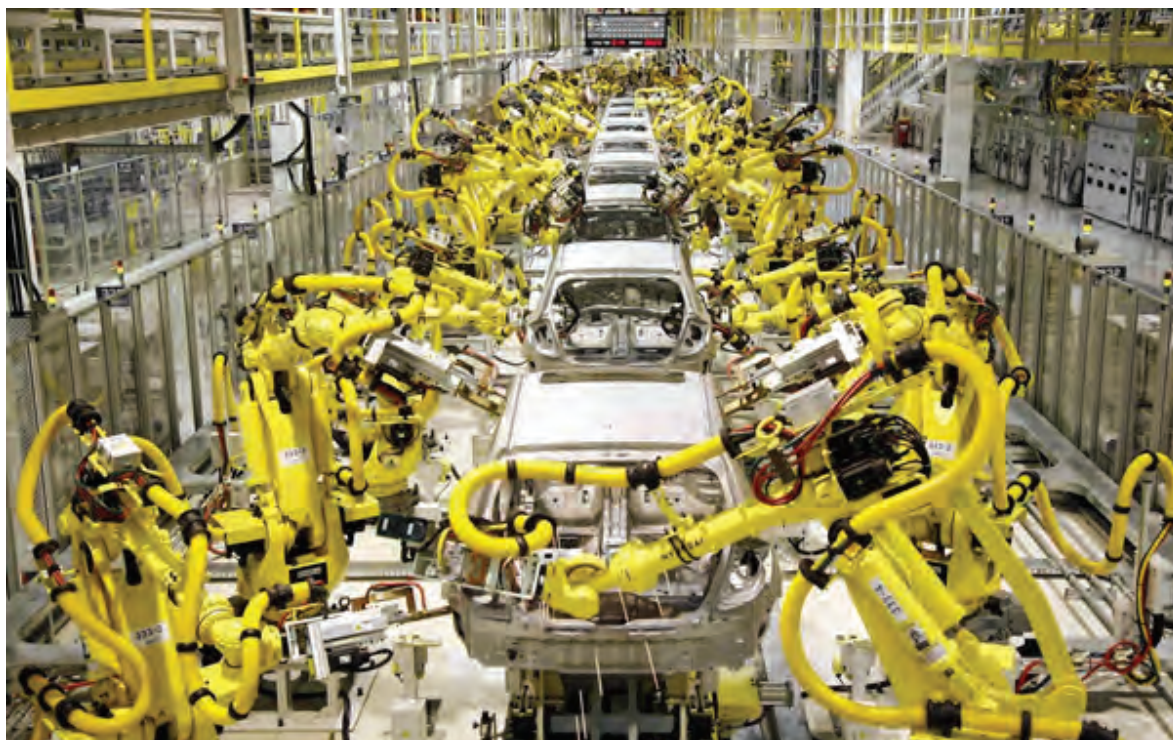
شکل ۲۸: جوشکاری قوس پلاسما



## فناوری ربات در تولید

ربات‌های مدرن صنعتی از شگفتی‌های واقعی مهندسی هستند. یک ربات اندازه یک فرد می‌تواند به راحتی بار بیش از ۱۰۰ پوند را بسیار سریع حرکت دهد. علاوه بر این، این ربات‌ها می‌توانند این کار را ۲۴ ساعت در روز برای سال‌ها انجام دهند بدون هیچ‌گونه خرابی. اگر چه آنها قابل برنامه‌ریزی هستند، در بسیاری از برنامه‌های کاربردی (به ویژه در صنعت خودرو) آنها یک بار برنامه‌ریزی شده و سپس آن کار را برای سال‌ها تکرار می‌کنند.

ربات یک ماشین قابل برنامه‌ریزی و کنترل توسط کامپیوتر است که قادر به انجام مجموعه‌ای پیچیده از اقدامات به صورت خودکار است.

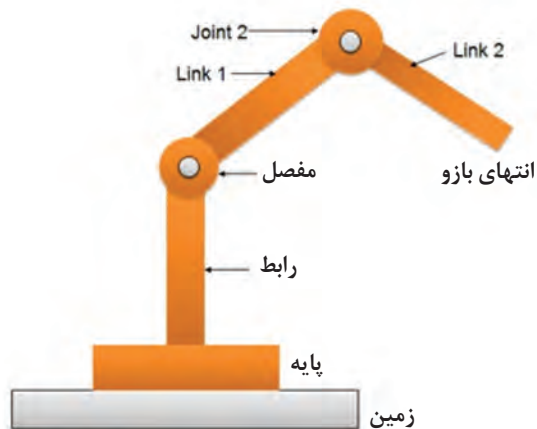


شکل ۲۹: خط تولید در یک کارخانه خودروسازی مجهز به ربات‌های صنعتی

ربات‌های صنعتی انواع پیچیده‌تر از دستگاه‌های CNC هستند که به منظور انجام فعالیت‌های مختلف تولید و ساخت برنامه‌ریزی شده‌اند. این ربات‌ها قابلیت برنامه‌ریزی مجدد و حرکت در چندین جهت را دارند و از آنها معمولاً در جوشکاری، نقاشی، مونتاژ، بسته‌بندی، برچسب‌زدن، بازرسی محصول و آزمایش استفاده می‌شود.



## آنانومی رباتها



شکل ۳۰: آنانومی ربات

- ربات‌ها معمولاً از اجزای زیر ساخته شده‌اند:
- ۱- مفصل: مفاصل نقطایی هستند که امکان حرکت ربات در جهت‌های مختلف را فراهم می‌کند.
  - ۲- رابط: اعضای صلبی هستند که بین مفاصل قرار می‌گیرند.
  - ۳- پایه ثابت: مجموعه مفاصل و رابط‌ها بر روی این پایه ثابت قرار گرفته‌اند.
  - ۴- بازو ربات: مجموعه‌ای از مفاصل و رابط‌ها که بخش مکانیکی ربات را می‌سازد بازو نام دارد.

### سیستم حرکت مفاصل در ربات‌های صنعتی

#### جدول ۴: انواع سیستم‌های حرکتی در ربات‌های صنعتی

معایب	مزایا	توضیحات	نوع سیستم حرکتی
به اندازه سیستم‌های هیدرولیکی قوی و سریع نیست. برای ربات‌های بزرگ و قوی گران است و امکان آتش سوزی وجود دارد.	دقت و تکرارپذیری بیشتر فضای کمتری اشغال می‌شود.	ربات‌های کوچک و متوسط معمولاً توسط نیروهای الکتریکی کنترل می‌شوند.	نیروی الکتریکی
فضای زیادی اشغال می‌کند. امکان نشت روغن وجود دارد.	نسبت قدرت به وزن بالاتری دارد. می‌تواند با سرعت بالاتری کار کند.	برای ربات‌های بزرگ و قوی مناسب است.	هیدرولیکی
-	-	برای ربات‌های کوچکی که به درجه آزادی کمی نیاز دارند مناسب است.	پنوماتیک

امروزه استفاده از ربات‌های صنعتی به‌طور چشمگیری افزایش یافته و این ربات‌ها را در تمام شاخه‌های صنعت می‌توانیم مشاهده کنیم. یکی از مهم‌ترین صنایعی که از ربات‌ها استفاده می‌کنند صنایع فلزی است. امروزه انواع بسیار متنوع و گوناگونی از رباتهای صنعتی در این صنعت به کار می‌رود که دلیل آن:

- ۱- نیاز به تولید محصولات با کیفیت بالا
- ۲- کاهش ضایعات تولید و به دنبال آن هزینه‌ها
- ۳- افزایش درجه یکنواختی (تکرارپذیری)
- ۴- افزایش درجه ایمنی عملیات
- ۵- کاهش نیاز به نیروی انسانی
- ۶- بهبود استانداردهای کیفی

## فناوری ربات در جوشکاری

جوشکاری رباتیک یکی از رایج‌ترین برنامه‌های کاربردی رباتیک در بخش صنعتی است که عمدتاً توسط صنعت خودرو سازی برای چند دهه گذشته استفاده می‌شود. جوشکاری رباتیک در هنگام تکمیل کارهای جوشکاری با حجم بالا و تکرارپذیری، مؤثرتر است. انواع مختلفی از فرایندهای جوشکاری رباتیک وجود دارد که هر کدام دارای مزایای خاص و انواع برنامه‌های کاربردی می‌باشند مانند:

### فناوری ربات در جوشکاری قوس الکتریکی:

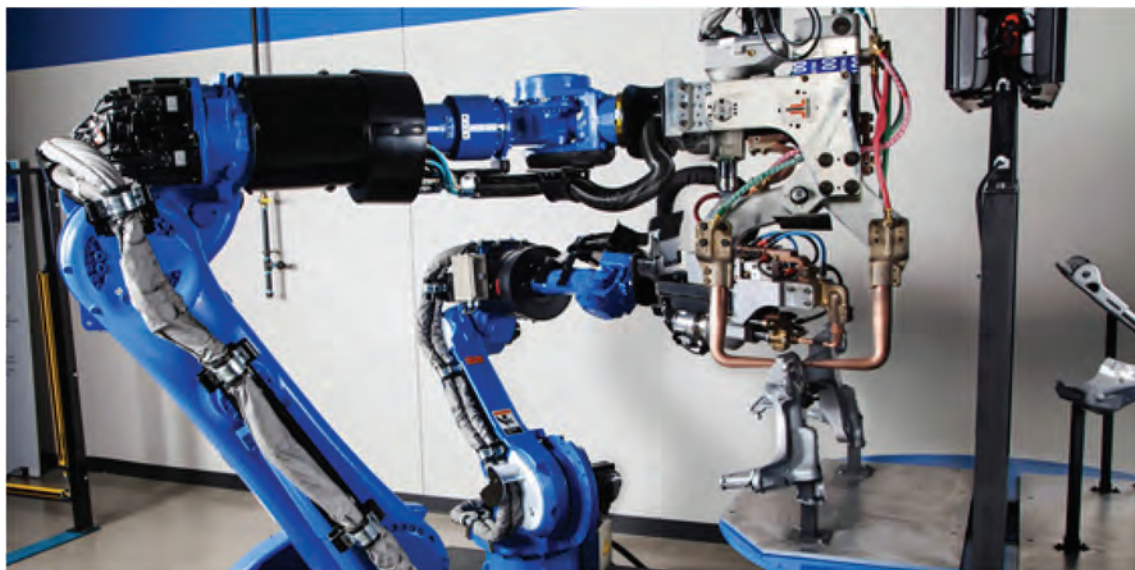
- جوشکاری قوس الکتریکی برای برنامه‌های کاربردی که خواستار دقت بالا و تکرارپذیری هستند استفاده می‌شود.
- جوش TIG: هنگامی که دقت فرایند مورد اهمیت است، جوشکاری TIG استفاده می‌شود.
- جوش MIG: برای کاربردهایی که سادگی سیستم و سرعت مورد نظر است مطلوب است.
- جوش پلاسما: جوشکاری پلاسما زمانی مورد نیاز است که انعطاف‌پذیری مورد نیاز باشد، زیرا سرعت و درجه حرارت را می‌توان به راحتی تنظیم کرد. در شکل ۳۱ تصویر ربات جوشکاری پلاسما را مشاهده می‌کنید.



شکل ۳۱: ربات جوشکاری پلاسما

## فناوری ربات در جوشکاری مقاومتی

جوشکاری مقاومتی اقتصادی ترین نوع جوشکاری ربائیک است و برای پروژه‌های گرمایشی بهتر است. جوش مقاومتی نقطه‌ای به طور معمول در صنعت خودرو برای اتصال ورق‌های فلزی به هم استفاده می‌شود. (شکل ۳۲)



شکل ۳۲: ربات جوشکاری مقاومتی

## فناوری ربات در جوشکاری لیزری

اغلب در برنامه‌های با حجم بالا که نیاز به دقت بالا دارند، مانند بخش خودرو یا صنایع پزشکی یا جواهرات استفاده می‌شود. (شکل ۳۳)



شکل ۳۳: ربات جوشکاری لیزر

## فناوری ربات در نقاشی

محیط کاری کارگرانی که در بخش رنگ کاری صنعتی کار می‌کنند بسیار برای سلامتی مضر است و به شدت حاوی ذرات و بخارات سمی است. به دلیل این مضرات است که در صنایعی مثل خودروسازی از ربات‌های نقاشی استفاده می‌شود. (شکل ۳۴)



شکل ۳۴: ربات نقاشی در صنایع خودروسازی

### مزایای به کارگیری ربات نقاشی

- ۱- کیفیت
  - بهبود ظاهر رنگ
  - کاهش عیوب
  - فاصله از سطح همواره ثابت است.
- ۲- هزینه تمام شده
  - ابزار رنگ کاری بسیار دقیق است.
  - فاصله از سطح همواره ثابت است.
  - نرخ انتقال مواد بیشتر است.
  - میزان دوباره کاری هم کم می‌شود.
- ۳- هزینه ضمانت‌نامه‌های پس از فروش
  - برای هر نوع رنگی می‌توان برنامه خاصی تنظیم کرد که مانع از ایجاد عیوب در اثر تنوع محصول می‌شود.
  - کاهش دوباره کاری و ضایعات



- ۴- هزینه کارگر
- آسیب‌های ناشی از انجام عملیات تکراری را کم می‌کند.
- ادعای جبران خسارت کارگران کم می‌شود.
- کاهش گردش کار اپراتورهای ماهر با افزایش بهره‌وری
- صرفه‌جویی در شیفت‌های کاری
- سرعت بالاتر در انجام عملیات
- ۵- ایمنی
- کارگران را از محیط خطرناک خارج می‌کند.
- هزینه حفاظت کارگران را کاهش می‌دهد.

## فناوری ربات در مونتاژ کاری

برای اتصال یک یا چند جز به یکدیگر به منظور ایجاد یک محصول یکپارچه با استفاده از پیچ، پرچ و مهره یا فرایندهای جوشکاری و لحیم‌کاری از ربات‌های سبک و کوچکی استفاده می‌شود که به شدت سرعت و تکرارپذیری را بالا می‌برد. (شکل ۳۵)

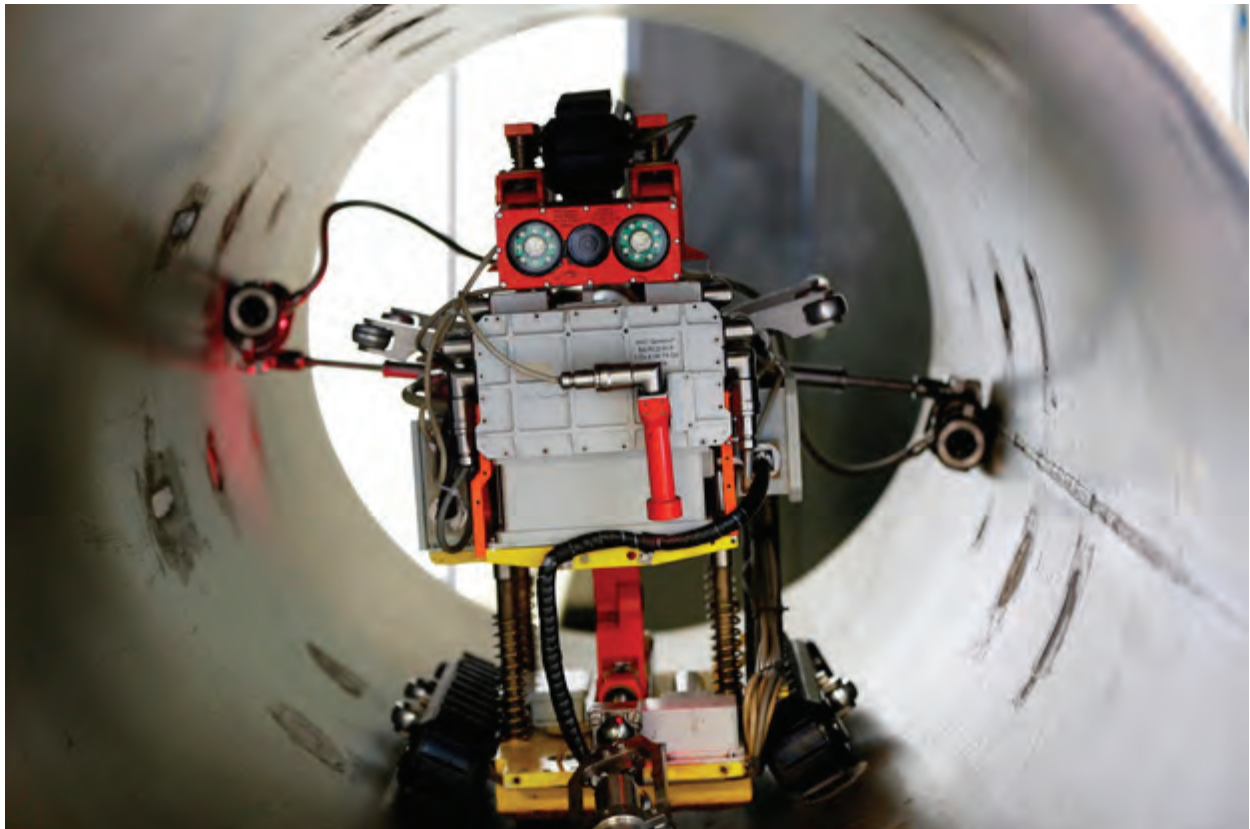


شکل ۳۵: خط مونتاژ مجهز به ربات صنعتی



## فناوری ربات در بازرسی

ربات‌های بازرسی نقش مهمی در بازرسی، ثبت و نظارت در صنایع پیچیده مختلف مثل نفت و گاز را دارد. استفاده از ربات‌های بازرسی باعث جلوگیری از وقوع حوادثی که ممکن است در غیر این صورت رخ دهند، می‌شود. استفاده از این ربات‌ها در کاهش مداخلات انسان کمک می‌کند، بهره‌وری عملیاتی را کاهش می‌دهد، هزینه را کاهش می‌دهد و ایمنی را بهبود می‌بخشد. (شکل ۳۶)



شکل ۳۶: ربات بازرسی داخل لوله‌ها

شاخص	نمره شایستگی	استاندارد عملکرد	شایستگی
مقایسه کار با روش لیزر در صنایع فلزی با سایر روش‌ها شرح جوشکاری و برشکاری پلاسما تشریح فناوری لیزر در صنایع فلزی تشریح کاربرد دستگاه‌های CNC در جوشکاری و برشکاری بیان فناوری ربات‌ها در صنایع فلزی	۳	تشخیص و مقایسه فناوری‌های نوین با روش‌های دستی در تولید مصنوعات فلزی	فناوری در تولید
تشریح کاربرد دستگاه‌های CNC در جوشکاری و برشکاری مقایسه روش کار با CNC و روش دستی بیان عملکرد دستگاه CNC و NC براساس نوع دستگاه	۲		
بیان انواع فناوری‌ها براساس روش تولید	۱		

**توضیحات:**

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی جهت ایفای نقش خطیر خود در اجرای سند تحول بنیادین در آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران، مشارکت معلمان را به‌عنوان یک سیاست اجرایی مهم دنبال می‌کند. برای تحقق این امر در اقدامی نوآورانه سامانه تعاملی بر خط اعتبارسنجی کتاب‌های درسی راه‌اندازی شد تا با دریافت نظرات معلمان درباره کتاب‌های درسی نونگاشت، کتاب‌های درسی را در اولین سال چاپ، با کمترین اشکال به دانش‌آموزان و معلمان ارجمند تقدیم نماید. در انجام مطلوب این فرایند، همکاران گروه تحلیل محتوای آموزشی و پرورشی استان‌ها، گروه‌های آموزشی و دبیرخانه راهبری دروس و مدیریت محترم پروژه آقای محسن باهو نقش سازنده‌ای را بر عهده داشتند. ضمن ارج نهادن به تلاش تمامی این همکاران، اسامی دبیران و هنرآموزانی که تلاش مضاعفی را در این زمینه داشته و با ارائه نظرات خود سازمان را در بهبود محتوای این کتاب یاری کرده‌اند به شرح زیر اعلام می‌شود.

اسامی دبیران و هنرآموزان شرکت کننده در اعتبارسنجی کتاب دانش فنی تخصصی رشته صنایع فلزی کد ۲۱۴۰۷

ردیف	نام و نام خانوادگی	استان محل خدمت	ردیف	نام و نام خانوادگی	استان محل خدمت
۱	حمید بختیاری	مرکزی	۹	ابوالفضل سرابندی	سیستان و بلوچستان
۲	محسن شفیعی‌زاده	البرز	۱۰	محمد رضا محمدیان	آذربایجان شرقی
۳	روح الامین حسینی پور کرمانی	کرمان	۱۱	محسن آزموده	قزوین
۴	محمد رضا خسروی	چهارمحال و بختیاری	۱۲	هادی شفیعی	اصفهان
۵	سیروس هدایتی	اردبیل	۱۳	سید صادق میری	یاسوج
۶	حجت‌الله لسانی	مازندران	۱۴	پویا بصیر	کهگیلویه و بویراحمد
۷	احمد مرادی	خوزستان	۱۵	قاسم شکوهی‌راد	شهرستان‌های تهران
۸	محمد رضا افراسیابی	فارس			

- ۱- راهنمای برنامه درسی رشته صنایع فلزی، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای، کار دانش، ۱۳۹۴.
- 2- William Callister Material Science and Engineering, An Introduction, Wile, 2018
- 3- David Grewell Plastics and composites Welding Handbook, Haser, 2003

