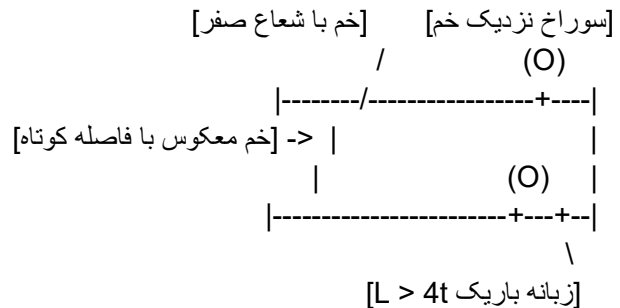


برای ارائه دقیق‌ترین پیشنهادات و محاسبه کاهش هزینه تا ۲۰٪، لطفاً ابعاد، ضخامت ورق و نوع قطعه را مشخص کنید. در ادامه، یک نمونه قطعه خمکاری پیچیده با ۵ خطای رایج DFM و راهکارهای بهینه‌سازی آن بررسی شده است.

۱. قطعه نمونه و شناسایی خطاهای DFM

مشخصات قطعه فرض شده: قطعه پاینگهدارنده از جنس فولاد کم‌کربن (37St) با ضخامت $t = 2\text{ mm}$.



موارد ناقض استانداردهای DFM و دلایل افزایش هزینه:

1. شعاع خم داخل نزدیک به صفر ($R_{in} < t$): باعث تمرکز تنش، ترک‌خوردگی در خط خم و استهلاک سریع ابزار پرس‌برک (ress BrakeP) می‌شود.
2. فاصله کم سوراخ تا خط خم ($S < t3 + R$): دایره‌ای بودن سوراخ در اثر کشش فلز هنگام خمکاری دفرم می‌گردد و نیاز به عملیات ثانویه (برقو یا مته‌کاری بعد از خم) ایجاد می‌کند.
3. خم‌های معکوس با فاصله بسیار کوتاه: ابزار استاندارد die-V امکان خمکاری دوم را نداشته و نیاز به ماتریس و سنبه‌های سفارشی یا چند مرحله دوباره‌کاری دارد.
4. عرض زبانه‌ها (Tabs) کمتر از ضخامت ورق ($w < t2$): زبانه در اثر فشار پانچ یا خمکاری دچار پیچش و شکست می‌شود.
5. تلرانس‌های ابعادی بسیار تنگ (مثلاً $\pm 0.05\text{ mm}$ روی خطوط خم): نیاز به فیکسچرهای گران‌قیمت و نرخ ضایعات بالا.

۲. تغییرات پیشنهادی جهت کاهش هزینه و بهبود ساخت (DFM Changes)

مشخصه / پارامتر	طراحی اولیه (ناقض DFM)	اصلاح DFM (پیشنهادی)	دلیل و تاثیر بر ساخت
شعاع خم (R_{in})	0.2mm (تیز)	2.0mm ($R = t$)	جلوگیری از ترک و امکان استفاده از ابزار استاندارد
فاصله سوراخ تا خم	3.0mm	$\geq 7.0\text{ mm}$ ($t3 + R$)	حذف دفرمیشن سوراخ و عدم نیاز به مته‌کاری ثانویه

امکان استفاده از ابزار استاندارد بدون تداخل فک پرس	$\$ \text{mm} \geq 15.0$	8.mm0	فاصله بین دو خم معکوس
جلوگیری از پارگی گوشه‌ها در محل تقاطع خم‌ها	شیار به عرض 2mm و عمق 3mm	ندارد	شیار آزادسازی خم (Relief)
کاهش شدید ضایعات و حذف بازرسی ۱۰۰٪	$\pm 0.5mm$	$\pm 0.1mm$	تولرانس خمکاری

۳. تخمین کاهش هزینه (حداقل ۲۰٪)

با اعمال اصلاحات بالا، صرفه‌جویی هزینه‌ای به شرح زیر محقق می‌شود:

- حذف ابزارآلات سفارشی (Custom Tooling): ۱۰٪ تا ۱۵٪ کاهش هزینه اولیه تجهیزات.
- حذف عملیات ثانویه (ماشین‌کاری/برق‌کاری بعد خم): ۸٪ تا ۱۲٪ کاهش زمان چرخه تولید (Cycle Time).
- کاهش نرخ ضایعات (Scrap Rate): ۵٪ بهبود بازدهی به دلیل حذف شکاف و دفرمگی سوراخ‌ها.
- مجموع تخمینی کاهش هزینه تولید: ۲۵٪ تا ۳۰٪