

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه تربیت مدرس شهید رجایی

طراحی و تکنولوژی قالب‌ها و فرآیندهای کشش

مؤلفین:

هادی ایمانی

مدرس دانشگاه تربیت مدرس شهید رجایی

سید حامد میرزاده

سر شناسنامه	: ایمانی، هادی، 1343-
عنوان و نام پدید آور	: طراحی و تکنولوژی قالب‌ها و فرآیندهای کشش / مؤلفین: هادی ایمانی، سیدحامد میرزاده.
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی، 1393.
مشخصات ظاهری	: 284 ص: مصور، جدول، نمودار.
شابک	: 978-600-6594-23-1
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا.
یادداشت	: واژه نامه.
موضوع	: آهنگری و شکل دهی
موضوع	: کشش (فلزکاری)
موضوع	: فلزها -- حدیده کاری
موضوع	: ورقکاری
موضوع	: آهنگری و شکل دهی -- برنامه های کامپیوتری
موضوع	: قالب های فلزی -- طراحی
شناسه افزوده	: میرزاده، سیدحامد، 1360.
شناسه افزوده	: دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی.
رده بندی کنگره	: 1393 4 9 الف / TS225
رده بندی دیویی	: 671/332
شماره کتابشناسی ملی	: 3170738



دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی

عنوان	: طراحی و تکنولوژی قالب‌ها و فرآیندهای کشش
مؤلفین	: هادی ایمانی، مدرس دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی، سیدحامد میرزاده
ویراستار علمی	: هادی ایمانی
ویراستار ادبی	: عباس مرادی
نوبت چاپ	: اول - بهار 1393
انتشارات	: دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی
لیتوگرافی	: نگین سبز
چاپ	: برهان
طراح جلد	: عباس مرادی
ناظر چاپ	: محمد معتمدی نژاد
کارشناس و صفحه آرا	: نیره فیروزی
شمارگان	: 1000 جلد
قیمت	: 15,000 تومان
شابک	: 978-600-6594-23-1
	ISBN: 978-600-6594-23-1

کلیه حقوق این اثر برای مؤلفین و دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی محفوظ است.

نشانی: تهران، لویزان - کد پستی 16788-15811 - صندوق پستی 163 - 16785 - تلفن: (2632) 9 - 22970060 - 22970070

نمابر: 22970003 پست الکترونیکی: Publish@srutu.edu. وب سایت: http://Publish.srutu.edu

بالاترین درجه علم آنست که توأم با عمل باشد (امام علی(ع))

مقدمه

امروزه در تولید اکثر قطعات صنعتی، رفاهی، تزئینی و ... فرآیند قالب‌های کششی و پروسه‌های مختلف کشش روی ورق به روش‌های دیگر مشاهده می‌شود. هنر نمایی و زیباسازی قطعاتی که به نوعی با کشش ورق‌ها مرتبط هستند، به خوبی ملموس و مورد توجه است. با رشد روز افزون نیاز و تقاضای بشر در حوزه‌های مختلف مانند خودرو، هوا فضا، لوازم خانگی، اسباب بازی، حمل و نقل، رفاهی، تزئینی و صنایع خاص صنعتی و نیمه صنعتی، دانش و تکنیک‌های عملی و کاربردی فن کشش، متنوع و بهینه شده است.

کشش هم زمان ورق‌های غیر هم جنس و تولید مخازن بدون درز، نیز از این موارد است. در کتاب حاضر سعی شده است، مفاهیم تئوری و عملی کشش تبیین و مورد مذاقه قرار گیرد. طراحی و ارائه روش‌های ساخت قالب‌های کشش، کشش ورق بر روی قالب بوسیله چرخش با سرعت زیاد (spinning)، شکل‌دهی اشکال و قطعات خاص در قلمرو کشش و هم چنین ارائه و معرفی نرم افزارهای مرتبط از آورده‌های کتابی که در پیش رو دارید، می‌باشد. در این کتاب سعی و تلاش وافر شده است تا مطالب هم چنانکه مبتنی بر سر فصل‌ها و سیلابس‌های دروس دانشگاهی و مراکز آموزش عالی باشد، علاوه بر آن نیازهای بخش صنعت و بازار کار را درحد ممکن برآورده کند.

ما بر این مدعا نبوده و نیستیم اثر بوجود آمده خالی از عیب و اشکال باشد، لذا از همه عزیزان، تقاضا داریم انتقادات و پیشنهادات ارزنده خود را اعلام تا در چاب‌های بعد ترتیب اثر داده شود. در اینجا لازم می‌دانیم از زحمات آقایان، استاد عزیز جناب آقای دکتر اکبرنیا عضو محترم هیأت علمی دانشگاه علم و صنعت و آقای دکتر فرامرز آشنای قاسمی رئیس محترم اداره انتشارات و نشریات علمی - پژوهشی و دیگر همکاران تشکر و سپاس خود را ابراز داریم.

مؤلفان

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	فصل اول - کشش عمیق
1	1-1 تعریف
1	2-1 اصول عملیات کشش
3	3-1 رفتار ورق
4	4-1 شعاع‌های کششی
8	5-1 لقی کشش (لقی بین سنبه و ماتریس)
9	6-1 روان کاری
11	7-1 کاربرد برنز آلومینیوم در قالب‌های کشش
12	8-1 خنک کاری سنبه کشش
13	9-1 سرعت کشش قطعات استوانه‌ای
13	10-1 نیروی کشش قطعات استوانه‌ای
14	11-1 نیروی فشارانداز (ورق گیر)
18	12-1 کار کشش
19	13-1 تعیین قطر گرده
24	14-1 مقدار مجاز دوره بری
25	15-1 تعیین تعداد مراحل کشش
30	16-1 کشش مخروطی
34	17-1 روش کشش مخصوص
34	18-1 کشش اجسام نیم کروی
39	19-1 کشش اجسام با جداره نازک
40	20-1 کشش معکوس
41	21-1 کشش اجسام مستطیل شکل
44	22-1 تعیین مراحل کشش
46	23-1 نیرو و انرژی لازم برای کشش اجسام مستطیل شکل

فصل دوم - عيوب قطعات کشش عميق

- | | |
|----|-----------------------------|
| 51 | 1-2 چروکیدگی |
| 54 | 2-2 کنگره‌ای شدن |
| 60 | 3-2 پوست پرتغالی شدن |
| 60 | 4-2 خراش و ساییدگی |
| 62 | 5-2 غیریکنواختی ضخامت فنجان |

فصل سوم - کشش چند مرحله‌ای

- | | |
|----|--|
| 65 | 1-3 ماشین و تجهیزات و فرم قالب‌ها |
| 66 | 2-3 قابلیت‌های فرآیند |
| 67 | 3-3 تolerانس ابعادی و کیفیت پرداخت سطحی |
| 68 | 4-3 شکل مراحل مختلف قالب |
| 69 | 5-3 اثرات عملیات کشش چند مرحله‌ای بر خواص ماده |
| 69 | 6-3 جنس ابزار و فرم‌ابزار |
| 70 | 7-3 عوامل و پارامترهای مؤثر در نتیجه فرآیند |
| 71 | 8-3 توان مورد نیاز |
| 72 | 9-3 عوامل هزینه |
| 72 | 10-3 محاسبات زمان |

فصل چهارم - فرم دادن کششی ورق

- | | |
|----|---|
| 73 | 1-4 تعریف |
| 73 | 2-4 فرآیند |
| 74 | 3-4 فرم قطعه کار |
| 75 | 4-4 ماشین و تجهیزات |
| 76 | 5-4 فرم قالب |
| 77 | 6-4 قابلیت‌های فرآیند |
| 79 | 7-4 روش‌های نگهداشتن ورق روی قالب |
| 79 | 8-4 تolerانس ابعادی و کیفیت پرداخت سطحی |
| 81 | 9-4 جنس قطعه کار |
| 81 | 10-4 جنس قالب |

82	11-4 اثرات فرم دادن کششی بر خواص ماده
82	12-4 محدودیت قالب‌های فرم دادن کششی
83	13-4 پارامترهای فرآیند
83	14-4 عوامل و پارامترهای مؤثر در نتیجه فرآیند
83	15-4 توان مورد نیاز
84	16-4 روانکاری و خنک کاری
84	17-4 عوامل هزینه
85	18-4 محاسبات زمان

فصل پنجم - فرم‌دهی چکش سقوطی

87	1-5 مزایا و محدودیت‌ها
88	2-5 چکش‌های فرم‌دهی
88	3-5 ابزار آلات و مواد استفاده شده در ابزارها
90	4-5 بالشتک لاستیکی
90	5-5 روان سازها
90	6-5 تهیه صفحه خام
90	7-5 ضرب زنی توسط چکش سقوطی
91	8-5 فرم‌دهی چند مرحله‌ای
91	9-5 کنترل پیچش
91	10-5 پردازش چند مرحله‌ای
92	11-5 نیروی نگه‌دارنده برای قسمت‌های عمقی (داخلی)
92	12-5 پردازش ورق‌های فولادی
94	13-5 واجهش
95	14-5 محدودیت‌های تورفتگی عمیق
95	15-5 نمونه تولیدی
96	16-5 بررسی آلیاژهای آلومینیوم
97	17-5 بررسی آلیاژهای منیزیم
99	18-5 بررسی آلیاژهای تیتانیوم
102	19-5 محدودیت‌های فرم‌دهی توسط چکش سقوطی

فصل ششم - شکل دهی با بالشتک لاستیکی

107	1-6 تجهیزات
107	2-6 فرم دهی بالشتک لاستیکی
108	3-6 فرایند گوثرین
115	4-6 فرایند مارفرم

فصل هفتم - فرآیندهای شکل دهی پر سرعت

122	1-7 شکل دهی انفجاری
139	2-7 شکل دهی الکترو هیدرولیکی
140	3-7 شکل دهی مکانیکی - پنوماتیکی
141	4-7 شکل دهی الکترو مغناطیسی

فصل هشتم - فرآیندهای شکل دهی چرخشی

143	1-8 اسپینینگ
184	2-8 فرآیند فلو فرمینگ و اسپینینگ لوله
212	3-8 فرآیند شییر فرمینگ

فصل نهم - معرفی نرم افزار

235	1-9 نرم افزار آباکوس
241	2-9 نرم افزار اتوفرم

منابع

245	منابع
-----	-------

فصل اول

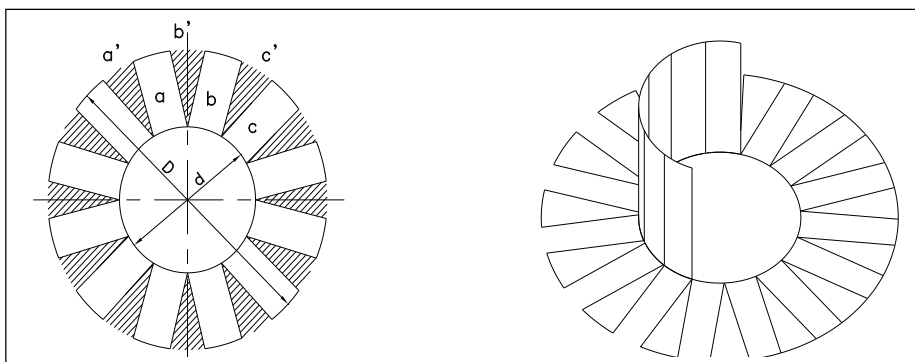
کشش عمیق (Deep Drawing)

1-1 تعریف

کشش عبارت است از ایجاد جسمی مقعر از جسمی مسطح. به جسم مسطح، اصطلاحاً پولک گفته می‌شود. ضخامت تمام جداره‌های این جسم مقعر یکسان و غیرقابل گسترش می‌باشد، به عبارت دیگر تغییرات مولکولی عامل مهمی در کشش است.

1-2 اصول عملیات کشش

در هنگام این تحول قطر D ورق (گرده) به قطر d جسم مقعر (کاسه) تبدیل می‌شود.

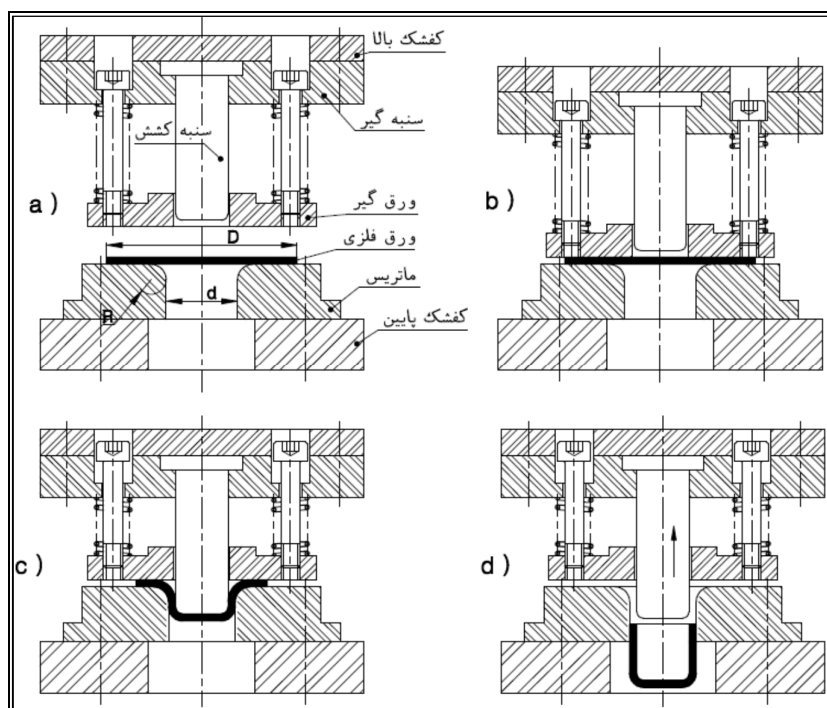


شکل (1-1)

برای این تحول کافی است که قطعات $a, b, c, \dots$ را خم کرده و به نظر می‌آید که مثلث‌های کوچک $a', b', c', \dots$ زاید باشند.

در هنگام این تحول ماده این مثلث‌ها انباشته شده و تشکیل چین‌خوردگی را می‌دهد. برای اجتناب از این چین‌خوردگی از صفحه‌ای استفاده می‌شود به نام فشارانداز. در صورتی که

اختلاف قطر d و D خیلی کم باشد، مثلاً اگر نسبت $\frac{d}{D} = 0.95$ باشد مقدار ماده زاید نیز خیلی کم است و بنابراین تبدیل گرده به کاسه می‌تواند بدون صفحه ورق گیر انجام گیرد. برای این کار کافی است که گرده توسط سنبه، بداخل دهانه ماتریس کشیده شود. ولی در اغلب موارد، به علت اختلاف زیاد بین قطرهای d و D ، کشش یک ورق نیاز به مراحل مختلف دارد و استفاده از فشارانداز لازم است. کشش به کمک فشارانداز به طریق زیر انجام می‌گیرد:



شکل (2-1)

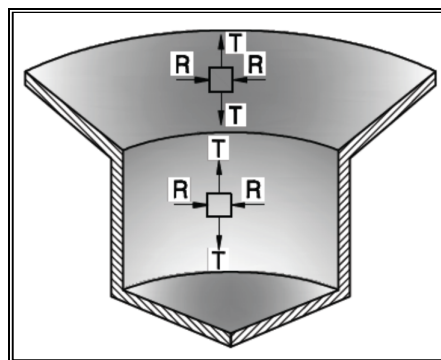
گرده به قطر D روی ماتریس قرار می‌گیرد (a). فشارانداز اولین قطعه‌ای است که با گرده تماس می‌گیرد و آن را به ماتریس می‌فشارد (b). در این حالت سنبه شروع به پایین آمدن کرده، با ورق تماس پیدا کرده و آنرا به درون ماتریس می‌راند و قطر آنرا از D (قطر گرده) به d (قطر کاسه) تبدیل می‌کند (c).

قسمتی از گرده که بین ماتریس و فشارانداز قرار دارد روی قوس لبه ماتریس (با شعاع r) لغزیده و قطر $D1$ لبه گرده به تدریج که سنبه وارد ماتریس می‌شود کاهش می‌یابد، و بالاخره هنگامی که کاسه کاملاً فرم گرفت لبه از بین می‌رود. زمانیکه عمل کشش خاتمه یافت سنبه و ورق گیر بالا می‌روند و کاسه یا به وسیله خود ماتریس و یا توسط وسیله‌ای به نام "جداساز" از سنبه جدا می‌شود. (d). در صورتیکه بخواهیم کاسه تولید شده لبه دار باشد بایستی عمق کشش را محدود نماییم.

1-3 رفتار ورق

اندازه‌گیری‌های انجام شده روی قطعات کشیده شده نشان می‌دهد که حجم قطعه کشیده شده و تراکم مولکولی آن نسبت به گرده ثابت می‌باشد (به علت نیروهای شعاعی و مماسی ناشی از تنش کششی و فشاری، جسم تبلور مجدد می‌یابد، که البته این پدیده در مورد کلیه فلزاتی که در حالت سرد تغییر شکل داده می‌شوند صادق است) برعکس ضخامت ماده تحت تغییرات محسوسی نسبت به مناطق مختلف کاسه قرار گرفته و لذا سطح جسم کشیده شده (کاسه)، همان سطح گرده نیست.

اندازه‌گیری‌های دقیقی که روی ضخامت اجسام کشیده شده به عمل آمده نشان می‌دهد که ضخامت کف کاسه تا نزدیکی قوس جداره تغییری نکرده و در طول قوس و کمی بالاتر از آن ضخامت جداره کاهش یافته و در قسمت‌های فوقانی ضخامت از مقدار اولیه‌اش (ضخامت گرده) بیشتر می‌شود.

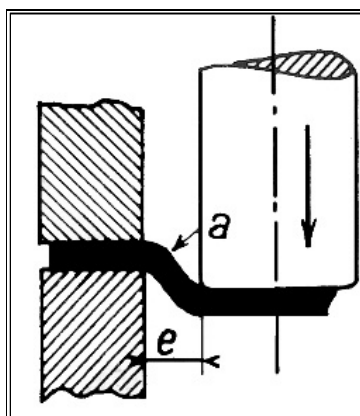


شکل (3-1)

اگر میانگین عددی ضخامت‌های کشیده شده را با e_m و ضخامت اولیه گرده را با e نمایش دهیم:

$$\alpha = \frac{e_m}{e}$$

α نمایشگر ضریب لاغر شدن ورق هنگام کشش است، این ضریب در تعیین دقیق گرده به کار می‌رود. هنگامی که سنبه با سرعت v با ورق تماس پیدا می‌کند ورق در قسمت شعاع ماتریس تحت نیروی کششی که ناشی از اینرسی ورق و اصطکاک آن بین ورق‌گیر و ماتریس است قرار می‌گیرد. این مطلب لاغر شدن کناره‌های کف را توجیه می‌کند. بلافاصله پس از شروع لغزیدن ورق زیر ورق‌گیر، چین‌ها شروع به شکل گرفتن می‌کنند، در نتیجه، نیروی ورق‌گیر مانع از چروک شدن شده و باعث لهیدگی و جاری شدن حرکت فلز می‌شود (حالت پلاستیک). لقی مابین سنبه و ماتریس باعث می‌شود ورق به تدریج و سریع به سمت محیط و به صورت شعاعی عمل کرده و قطعه به شکل لازم در آید. اما هنگامی که فضای بین سنبه و ماتریس برابر با ضخامت ورق باشد، نوعی ذخیره انرژی در ذرات بوجود می‌آید که آزاد شدن آن بعد از عمل کشش با اضافه شدن ضخامت جداره است.



شکل (4-1)

1-4 شعاع‌های کششی

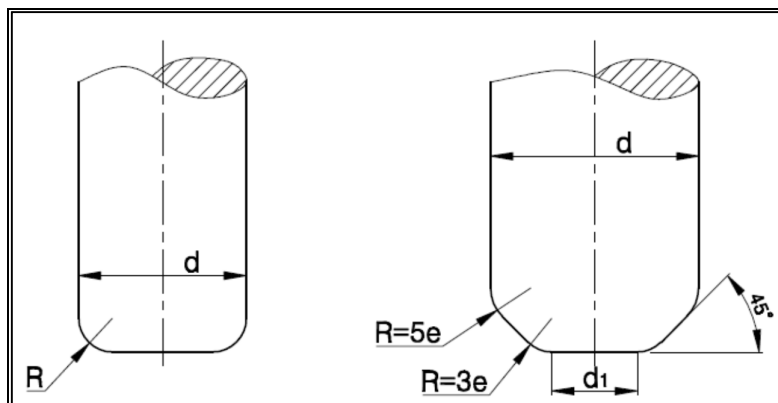
1-4-1 شعاع سنبه

کشش طوری باید انجام شود تا باعث درهم رفتن بیش از حد و یا از هم گسیختگی مولکول‌ها نشود. خارج از منطقه تغییرات ماده، تنها یک خم‌کاری ساده بوجود می‌آید. قسمتی از ورق که در تماس با سطح تحتانی سنبه است، تحت اثر نیروهای اصطکاکی که مانع از حرکت ماده است قرار می‌گیرد.

برای اجتناب از احتمال سوراخ شدن ورق توسط سنبه این سؤال پیش می‌آید که مقدار قوس لبه سنبه چقدر باید باشد؟ در هیچ حالتی نباید مقدار شعاع سنبه کمتر از شعاع لبه ماتریس باشد. در واقع شعاع سنبه حتی‌الامکان برابر شعاع ماتریس در نظر گرفته می‌شود، ولی ممکن است برای شکل‌های مختلف شعاع کمتر از این مقدار در نظر گرفته شود. شعاع سنبه معمولاً 2 تا 10 برابر ضخامت ورق و یا 3 تا 5 برابر شعاع ماتریس انتخاب می‌شود.

حداقل شعاع مجاز نوک سنبه دو برابر ضخامت قطعه است. اگر مقدار شعاع لبه سنبه کمتر از مقدار بهینه باشد، باعث افزایش نیروی لازم برای خم اولیه می‌شود ولی نیروی کل کشش را تغییری نمی‌دهد. همچنین احتمال گسیختگی ورق با کاهش شعاع سنبه افزایش می‌یابد. با افزایش شعاع سنبه این محل گسیختگی کمی بالاتر می‌رود که در آنجا به دلیل کار سختی استحکام ورق بیشتر می‌باشد. اگر شعاع سنبه از 1 تا 5 برابر ضخامت ورق بیشتر شود، بار شکست در دیواره کاهش خواهد یافت. اگر شعاع سنبه بیشتر از مقدار بهینه باشد، تمایل ورق به ایجاد چروک بیشتر می‌شود.

در قالب‌های چند مرحله‌ای در مراحل اولیه می‌توان شکل ته ظرف را با زاویه 30 درجه برای ضخامت ورق تا 0/76 میلی‌متر، زاویه 40 درجه برای ضخامت 0/76 تا 1/5 میلی‌متر و زاویه 45 درجه برای ضخامت بیش از 1/5 میلی‌متر در نظر گرفت. که قطر کف ظرف باید به اندازه قطر سنبه مرحله بعدی باشد. زوایای تیز کف ظرف را در صورت لزوم، پس از چند مرحله می‌توان به دست آورد.



شکل (5-1)

e = ضخامت ورق

1-4-2 شعاع ماتریس

شعاع ماتریس در کشش اهمیت زیادی دارد و کلیه عملیات کشش به مقدار آن بستگی دارد و سطح آن باید کاملاً صیقلی گردد.

شعاع ماتریس در افزایش تنش در قطعه، فشار کشش، نازک شدن قطعه، چروک خوردن، پارگی و شدت کشش موثر است. شعاع ماتریس کوچک به علت ازدیاد طول بیش از حد ورق سبب پارگی آن می‌شود. از طرف دیگر در صورتیکه مقدار شعاع ماتریس بیش از اندازه باشد تنش‌های ایجاد شده کمتر خواهد بود و دیواره‌های قطعه نیز کمتر نازک می‌شود ولی چین‌خوردگی در جسم ایجاد می‌کند (به علت ازدیاد فاصله فشارانداز تا لبه ماتریس) می‌توان با فرمول ساده زیر شعاع لبه‌های کشش را تعیین نمود.

برای ورق‌های مخصوص کشش $r = 10 \times s$

برای برنج و مس $r = 5 \times s$

جهت تعیین شعاع‌های دقیق ترمی‌توان از فرمول "کاسمارک" استفاده نمود.

$$r = k\sqrt{(D-d).e}$$

ورق مخصوص کشش $k = 0.8$

ورق آلومینیوم $k = 0.9$

ورق قلع $k = 0.6$

که در آن:

D = قطر پولک اولیه و یا قطر جسم کشیده شده قبلی به میلی‌متر (در مورد کشش‌های چند مرحله‌ای)

e = ضخامت ورق به میلی‌متر.

d = قطر کشش لازم

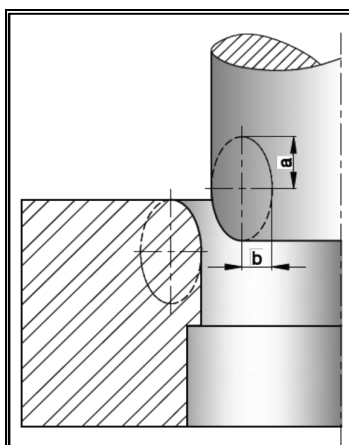
و برای مراحل بعدی کشش: $r_n = \frac{d_{n-1} - d_n}{2}$

و در آخر حداقل شعاعی که می‌توان به لبه ماتریس داد برابر خواهد بود با:

$$r = 0.035 [50 + (D - d)] \sqrt{e}$$

برای کشش‌های با عمق کم، در صورتی که طبق فرمول بالا مقدار شعاع ماتریس محاسبه و تعیین شود و در عمل مشاهده شود که سطح اتکایی برای فشارانداز باقی نمی‌ماند، می‌توان مقدار شعاع را کاهش داد.

در مورد کشش قطرهای بزرگ قوس لبه‌ها به فرم بیضی زده می‌شود و در چنین حالتی قطر بزرگ بیضی، موازی جهت کشش قرار داده می‌شود.

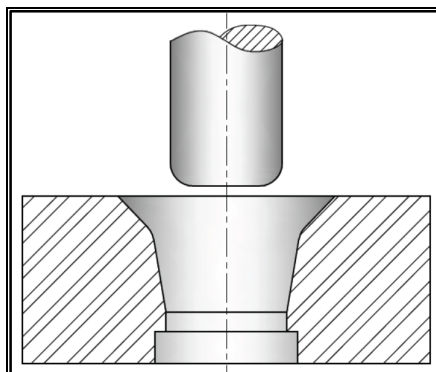


شکل (6-1)

اندازه نصف قطر بزرگ بیضی $a = 0.35\sqrt{(D-d)e}$

اندازه نصف قطر کوچک بیضی $b = 0.25\sqrt{(D-d)e}$

سوراخ ماتریس قالب‌های بدون ورق‌گیر، برای ورق‌هایی که ضخامت آنها بیش از 4 میلی‌متر باشند به فرم مخروطی ساخته می‌شوند. این عمل باعث می‌شود که تغییر فرم، آرام و بدون ضربه انجام گیرد.



شکل (7-1)

1- 5 لقی کشش (لقی بین سنبه و ماتریس)

اندازه لقی C بین سنبه و ماتریس به جنس و ضخامت ورق e بستگی داشته حداقل آن برابر ضخامت ورق انتخاب می‌شود، این اندازه باعث مرغوبیت سطح کشیده شده و دقت اندازه می‌شود. بنابراین با توجه به تolerانس ضخامت ورق و اصطکاک بین قالب و قطعه کار لقی بین سنبه و ماتریس قدری بیشتر از ضخامت ورق، برابر $C = (1.1, \dots, 1.3)e$ انتخاب می‌شود. برای دست یافتن به لقی دقیق‌تر از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$C = e + k\sqrt{(10e)} \text{ یا } C = e + k\sqrt{e} \text{ یا } C = e\sqrt{\frac{D}{d}}$$

آلیاژ مقاوم به حرارت $k = 0.2$

ورق فولادی $k = 0.07$

ورق آلومینیومی $k = 0.02$

ورق غیر آهنی $k = 0.04$

در کلیه مراحل کشش غیر از آخرین مرحله یعنی اندازه کردن قطعه، مقدار لقی را می‌توان به سنبه یا به ماتریس داد ولی در مرحله آخر اگر ابعاد خارجی قطعه موردنظر باشد مقدار لقی را به سنبه می‌دهند ولی اگر ابعاد داخلی آن موردنظر باشد مقدار لقی را به ماتریس می‌دهند.

برای ورق‌های خیلی نازک مقدار لقی برابر ضخامت ورق انتخاب می‌شود در این حالت تمام سطح کار به سنبه می‌چسبد، اصطکاک بین قطعه و قالب باعث می‌شود که قطعه کار از سطح مقطع پاره شود. معمولاً در مراحل اولیه کشش تنش ایجاد شده تا 15% بالاتر از حد پاره شدن ورق قرار دارد. در مورد کشش‌های مخروطی شکل و یا خم‌های فرم لقی بین سنبه و ماتریس کشش بستگی به کورس قالب دارد، به طوریکه اندازه بزرگی این لقی پی‌درپی با ازدیاد کورس پرس کمتر شده و در یک لحظه به حد نهایی خود می‌رسد.

بطور کلی اثر تغییرات C به صورت زیر بیان می‌شود:

1- افزایش محسوس لقی باعث تغییر شکل و خراب شدن فرم مقطع کاسه خواهد شد، به ویژه اگر ورق از جنس نرمی مانند برنج باشد. به این صورت که کف قطعه به اندازه سنبه و بالای آن به اندازه ماتریس خواهد شد در نتیجه قطعه مخروطی می‌شود.

2- در صورتیکه لقی بیش از اندازه مجاز باشد امکان انحراف سنبه وجود دارد که منجر به تشکیل زبانه روی لبه کاسه خواهد شد.

- 3- چین خوردگی روی لبه کاسه بر اثر زیاد بودن لقی بوجود خواهد آمد. که این عیب را می توان با به کار بردن ورق گیر و یا بیشتر کردن نیروی ورق گیر برطرف نمود.
- 4- لقی کم باعث له شدن و لاغر شدن ناخواسته جداره ورق می شود.
- 5- لقی زیاد احتمال پارگی ورق را می کاهد.

1- 6 روان کاری

برای کاهش مقاومتی که در اثر لغزش ورق روی قالب رخ میدهد و باعث ازدیاد طول و در بعضی موارد باعث پارگی ورق یا جسم می شود، باید هنگام کشش، ورق را چرب کرد، این کار نیروی کشش را کاهش داده، سطح کشیده شده صاف تر می شود، سرعت کشش را افزایش می دهد و سایش سریع قالب را کم می کند.

وقتی دو فلز با فشار روی هم می لغزند، مثل لغزش ورق روی ماتریس، در کشش خراش و جوش خوردگی فشاری در ابزار و ورق ایجاد می شود. خراشیدگی زیاد باعث افزایش نیروی کشش و توزیع غیر یکنواخت آن می شود که در نهایت باعث پارگی ورق می شود. احتمال جوش خوردگی فشاری بستگی به مقدار نیرو و ترکیب فلز دارد. بعضی فلزات نسبت به سایر فلزات چسبناکی بیشتری دارند. برای مثال: فولاد ضدزنگ اوستنیتی نسبت به فولاد کم کربن تمایل بیشتری به چسبیدن به ابزار دارد. روان سازها در بیشتر عملیات های کشش به کار برده می شوند. این روان سازها انواع مختلفی دارند، از روغن ماشینی معمولی گرفته تا ترکیبات رنگی. انتخاب روان سازها بر اساس قدرت جلوگیری آنها از خراش و ساییدگی و چروک در عملیات کشش انجام می شود. هر چه قدرت روان سازی آنها بیشتر باشد؛ به همان نسبت رفع کردن و تمیز کردن آنها هم مشکل تر می شود.

روغن ها دارای سرب یا روی برای کشش فولادهای ضدزنگ پیشنهاد نمی شوند، چون این روغن ها بطور کامل پاک نمی شوند، لذا باعث خوردگی بین دانه های فولاد در دماهای بالا می شوند. با توجه به این مسأله انتخاب روان ساز مشکل می شود. بسیاری از روان سازها به راحتی تا دمای 250 درجه فارنهایت به کار برده می شوند. از این دما به بالا انتخاب روان ساز مشکل می شود. بعضی روان سازهای ویژه تا دمای 450 درجه فارنهایت به کار برده می شوند. هزینه کاربرد، تمیز کردن روان سازها به همراه هزینه اولیه آنها روی هزینه قطعه کشش تأثیری گذارند، پس موقع انتخاب روان سازها این هزینه ها را نیز باید در نظر گرفت.

چرب کاری قسمت مرکزی گرده اثر نامطلوبی روی ضریب کاهش دارد. خشن بودن سطح سنبه و روان کاری های متفاوت باعث افزایش قابلیت کشش می شود. برای توجیه این پدیده می توان

گفت که چربکاری به میزان زیادی چسبندگی بین سنبه و جداره‌های کاسه را کاهش می‌دهد به نحوی که تنها کف کاسه نیروی سنبه را تحمل می‌کند و در نتیجه منجر به پاره شدن نزدیکی‌های کف خواهد شد. به همین دلیل توصیه می‌شود که تنها سطحی از گرده چربکاری شود که با سطح ماتریس در تماس است و برای گرده‌های با ابعاد بزرگ تنها دور آن با عرض 0/5(D-d) چربکاری شود. البته ایجاد این شرایط در فرآیند، بدلیل فرسایش سنبه و واردشدن اتفاقی روغن به سطح سنبه مشکل می‌باشد. با اصطکاک خیلی کم، ضخامت ته فنجان کاهش یافته و گسیختگی در آنجا اتفاق می‌افتد.

معمولاً برای کشش ورق‌های قلع اندود و یا فلزات سبک مواد چربکاری در حالت سرد به کار برده می‌شود. در مواقعی که مواد چربکاری باید در حالت گرم به کار برده شود قطعه کار یا مواد چربکاری را باید قبلاً گرم نمود. آزمایشات نشان داده است که محلول آب صابون دارای قابلیت بیشتری برای در بر گرفتن گرده نسبت به روغن می‌باشد.

به طور کلی برای مقدار بزرگ نسبت $\frac{D}{d}$ روغن بهتر عمل کرده و برای مقادیر کوچک این نسبت از محلول آب صابون استفاده می‌کنند.

برای کشش‌های مرحله‌ای می‌توان از پودر ظریف گرافیت و یا تالک با روغن استفاده کرد، همچنین برای کشش‌های مخصوص با سرعت زیاد مواد چربکاری بیشتری باید به کار برده شود.

روغن‌هایی که معمولاً به کار می‌روند عبارتند از:

برای فولاد: روغن چغندر با مخلوطی از 25% پیه گاو و 50% پیه خوک یا 25% گرافیت رشته‌ای، 25% پیه گاو و 50% پیه خوک) به صورت گرم - روغن سیلندر - آب صابون غلیظ - آب صابون با گرافیت - نفت با پودر آلومینیوم - شیر آهک - برای فرم‌های کوچک روغن ماشین کافی می‌باشد

برای فولاد ضدزنگ: آب گرافیتی - روغن کتان گیاهی، رنگ سفید نقاشی و گوگرد
برای برنج، برنز و مس: مخلوطی از نفت و گرد گرافیت - روغن چغندر با مخلوطی از آب صابون - مخلوط صابون صمغی (resinous) یا پتاس‌دار - روغن سیلندر - روغن ماهی - آب صابون غلیظ
برای آلومینیوم: 10% روغن قابل حل در آب (آب صابون) - وازلین نامرغوب - نفت گرافیت - روغن ماشین - تالک - پیه حیوانی

برای روی: پیه گاو - روغن ماشین - روغن سیلندر و گرافیت

برای سرب: روغن ماشین - روغن سیلندر و گرافیت