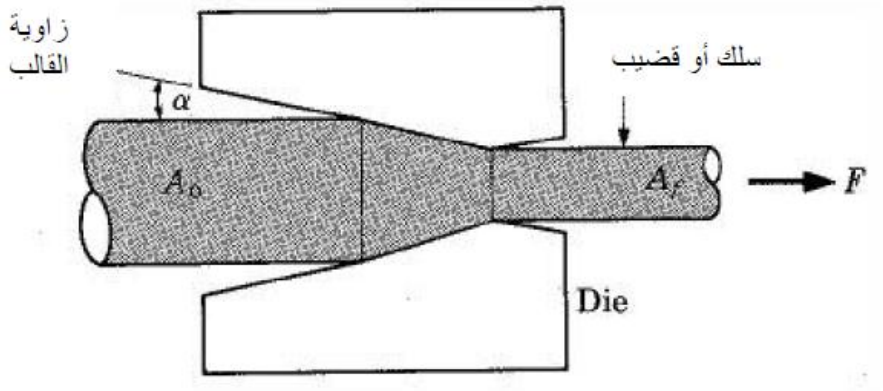
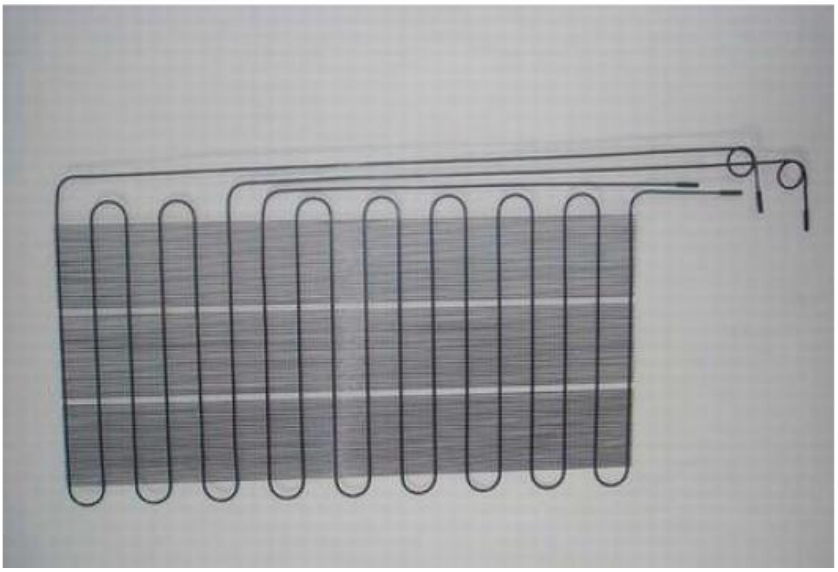
٦-١ عملية السحب Drawing Process :-

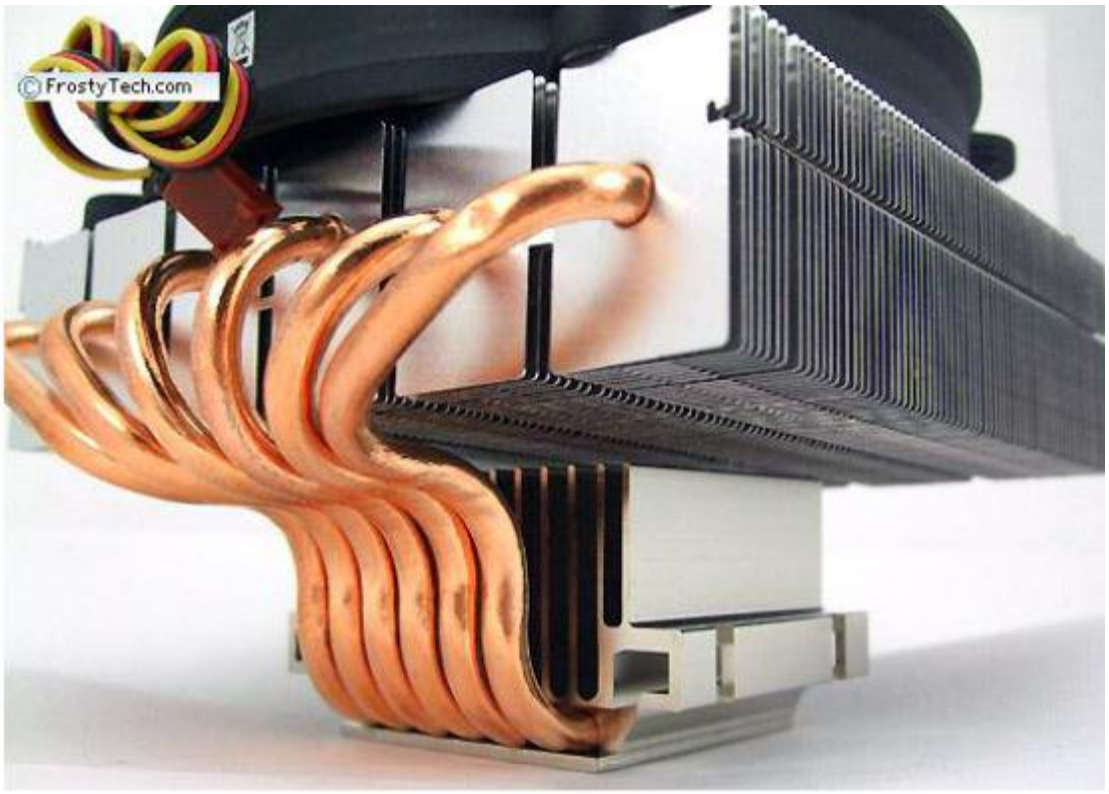
عملية السحب:- هي عملية سحب المعدن خلال قالب لتقليل مساحته من مساحة اولية قدرها A_o الى مساحة نهائية قدرها A_f. شكل (٦-١)



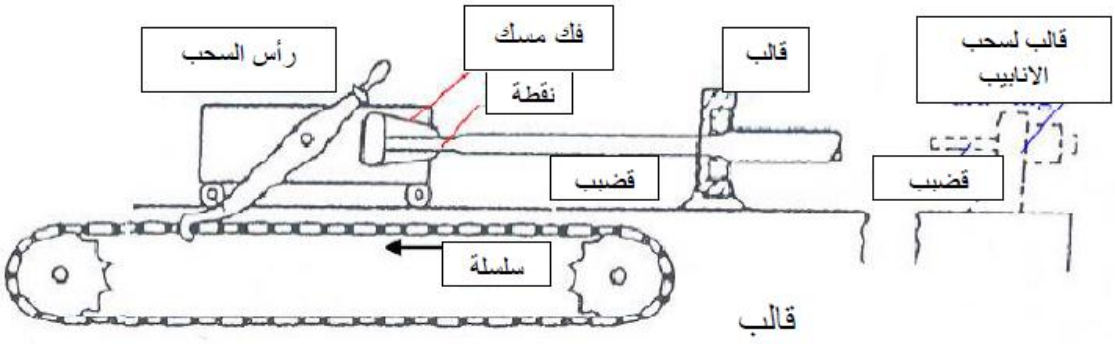
شكل (٦-١) عملية السحب.

ومن امثلة منتجات هذه العملية انابيب المشعات الحرارية والانابيب النحاسية شكل (٦-٢) (٦-٣).





شكل (٦-٣) انابيب تبريد نحاسية مصنوعة بطريقة السحب



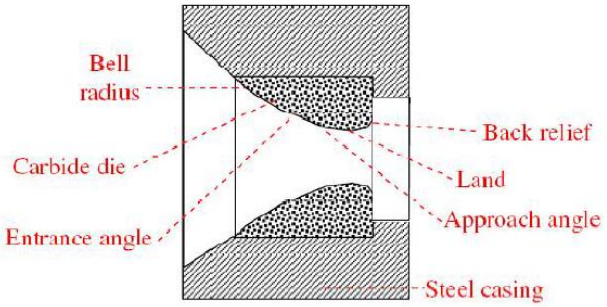
شكل (٦-٤) مخطط لماكنة السحب

٦-٢ متغيرات العملية :-

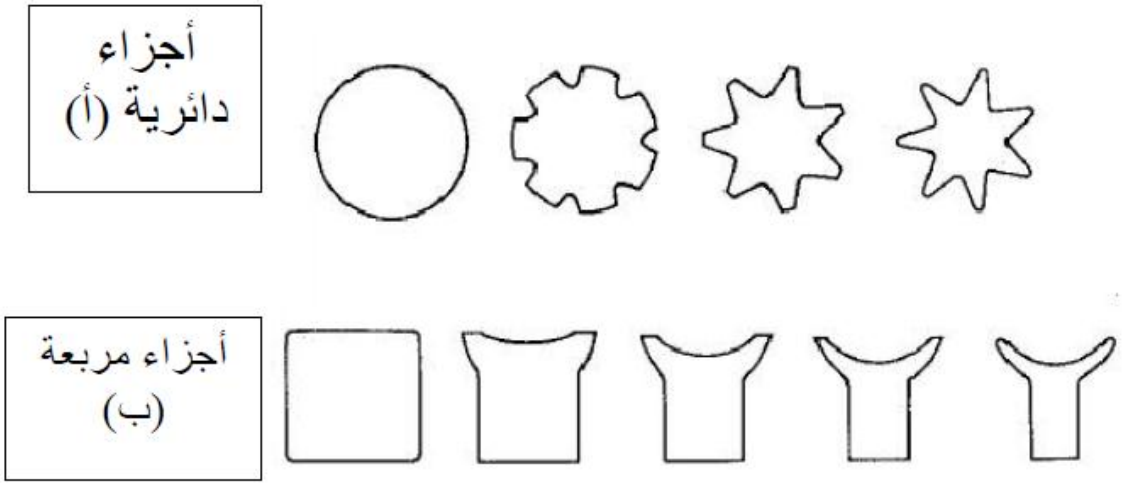
- نسبة التقليل في مساحة المقطع العرضي (Reduction) :- وهي النسبة بين المقطع العرضي للمادة المسحوبة والمقطع الابتدائي لها: A_f/A_o. وهي عادة لا تتجاوز نسبة 30% (اصغر قيمة). لتحسين الإنهاء السطحي وضبط الإبعاد من الممكن أجراء مرحلة نهائية (Final sizing) مع تقليص بسيط لمساحة المقطع العرضي.
- زاوية القالب (α) :- ولها تأثير على قوة السحب وجودة سطح المنتج .وهي تتراوح بين 6° - 15°. وهي تسهل جريان المعدن وكذلك توجد زوايا أخرى للقالب تتغير قيمتها من المدخل (Entrance) ولغاية زاوية التشكيل.
- قوة السحب:- تعتمد على مقاومة المعدن المسحوب و نسبة التقليل في المقطع العرضي و معامل الاحتكاك للقالب و درجة الحرارة وسرعة السحب.
- سرعة السحب:- قد تصل السرعة إلى (50 m/s) للأسلاك الناعمة.

٦-٣ السحب متعدد المراحل Multi-pass drawing :-

إذا كانت نسبة التقليل كبيرة فمن الممكن ان يتم السحب في عدة مراحل. وكذلك يمكن تشكيل شكل المقطع العرضي تدريجياً. شكل (٦- ٦).



شكل (٦-٥) القالب وتظهر عليه الزوايا مؤشرة



شكل (٦-٦) السحب متعدد المراحل

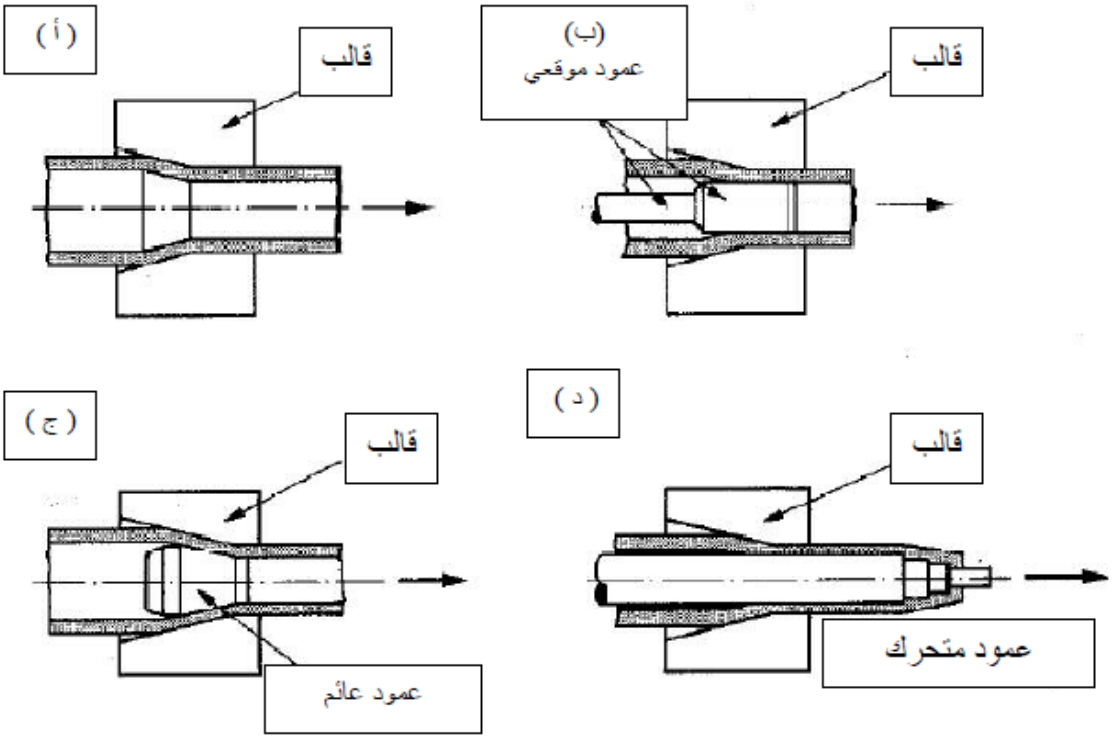
٦-٤ طرق سحب الأنابيب Tube drawing :-

(أ) بدون عمود (Mandrel):- يسحب الأنبوب خلال القالب بدون عمود و بذلك يكون القطر الداخلي والإنهاء السطحي غير مسيطر عليه. شكل (٦-٧-أ).

(ب) مع عمود موقعي:- وهنا لا يتحرك العمود نسبة إلى القالب. و يتحدد سمك الأنبوب بمقدار الفراغ بين العمود والقالب. وبذلك فمن الممكن الحصول على إنهاء سطحي جيد وسمك دقيق. شكل (٦-٧- ب).

(ت) باستعمال عمود عائم (Plug):- يسحب العمود مع الأنبوب لكنه لا يعبر القالب. سمك الأنبوب غير دقيق لأنه يعتمد على موقع إلعمود نسبة إلى القالب. هذا الموقع يتحدد بمقدار الاحتكاك بين القالب والأنبوب من جهة والأنبوب والعمود من جهة اخرى و تستعمل هذه الطريقة لسحب الأنابيب الطويلة الرقيقة الجدران (طول العمود لا يحدد طول الأنبوب). شكل (٦-٧-ج).

(ث) باستعمال العمود المتحرك:- يتحرك العمود مع الأنبوب ليقلل الاحتكاك (لا يوجد احتكاك بين العمود والأنبوب) لذا يجب إن يشغل العمود بدقة. شكل (٦-٧- د)



شكل (٦-٧) طرق سحب الأنابيب

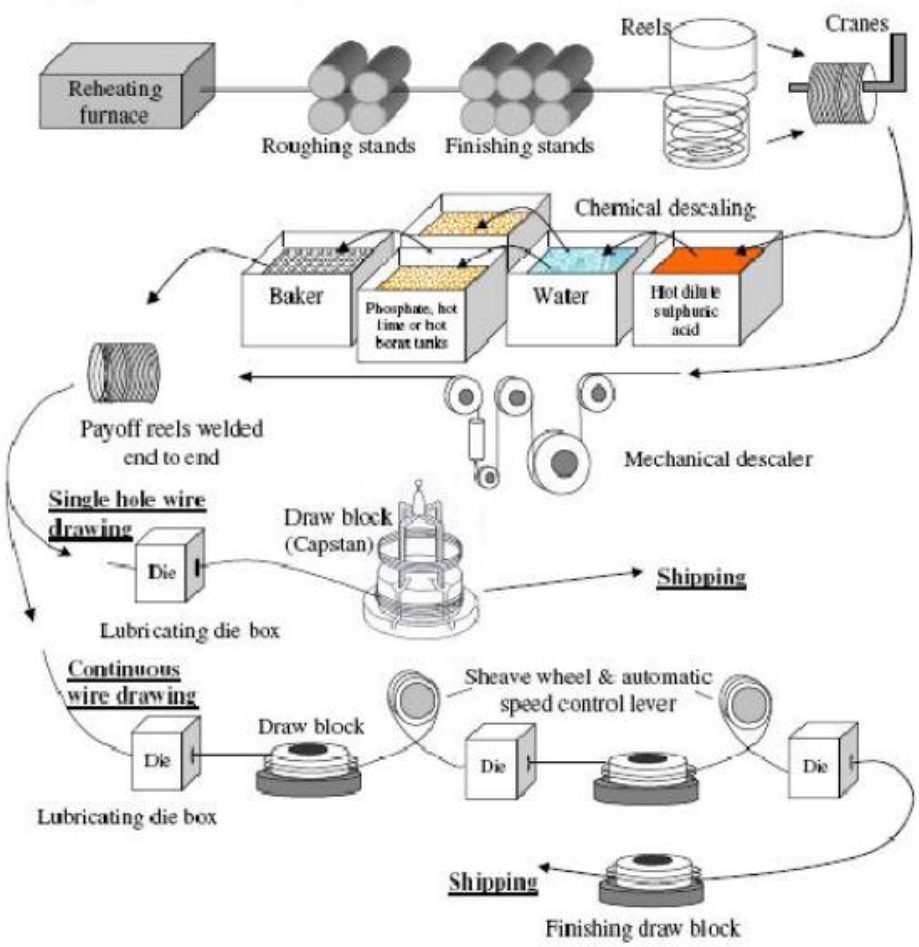
٦-٥ الخطوات العامة لعملية سحب الأسلاك:-

١. تسخين كتل الفولاذ billets في افران إعادة التسخين.
٢. درفلة الكتلة على الساخن قبل سحب الأسلاك.(هذه العملية يجب إن تكون سريعة قبل إن يبرد المعدن ويصبح اقوى).
٣. يوجد نوعين من البكرات لاستلام القضيب ، الأولى تدور بسرعة مناسبة مع سرعة الدرفلة وتقوم بلف القضيب. بينما الثانية ثابتة و في الحالتين تقوم آلية ميكانيكية بلف القضيب حول البكرات. شكل(٦-٩).
٤. تقوم الرافعات بحمل البكرات إلى العملية التالية.
٥. يتم تحضير قضبان الفولاذ لعملية السحب بعدة طرق:-

أ- التنظيف الكيميائي (إزالة القشرة كيميائيا) :- وتتم باستخدام حامض الكبريتيك لتنظيف السطح من الصدأ والاكاسيد وباستخدام مرشات مائية. تطلى القضبان المحضرة بمادة مثل بوراكس الفوسفات لحماية السطح ولتعمل كمزيتات في عملية السحب.

ب- التنظيف الميكانكي : و هنا تتم إزالة القشرة ميكانيكيا بطرق متعـــددة مثـــل الحث المتعاكس للقضيب أو باستخدام الهواء المضغوط مـــع مـــواد مخدشـــة او باستعمال فرش ميكانيكية ... الخ .

خطوات عملية سحب الأسلاك



شكل (٦-٩) خطوات عملية سحب الأسلاك

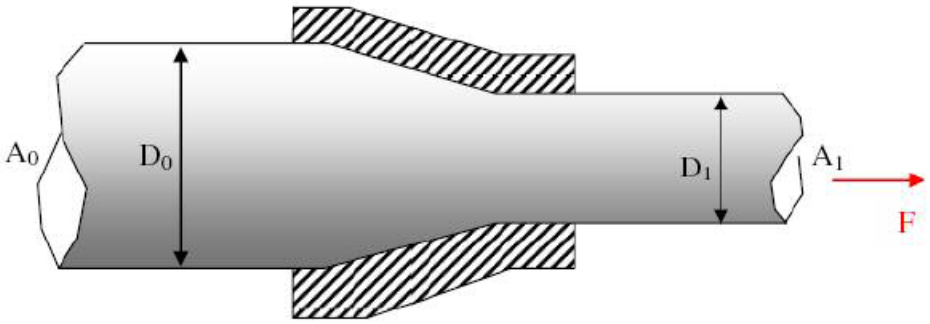
٦. بعد إزالة القشرة يربط القضبان بواسطة اللحام ومن ثم تدخل إلى البكرات.
٧. لسحب سلك مفرد يتم تغذية القضيب إلى صندوق القالب المزيت وبعد السحب يلف لغرض التسويق.
٨. يسحب السلك المستمر بتغذية السلك الى صندوق القالب المزيت ومن ثم يدرفل على عجلة sheave wheel لضبط سرعة السحب وبعدها يلف على بكرة لغرض التسويق.

٦-٦ خصائص سحب السلك:-

١. اقل قطر سلك ممكن الحصول عليه عن طريق الدرفلة هو 5mm لذلك يتم استعمال السحب للحصول على اقطار اصغر.
٢. لا يمكن سحب المواد اللدنة بسهولة لان عملية السحب المعدن تتطلب إن يمتلك المعدن قوة شد جيدة ومطيلية عالية ، النحاس المخمر والفولاذ أمثلة جيدة على المواد القابلة للسحب حيث لها مقاومة ومطيلية جيدة.
٣. يتم تشغيل رأس القضيب بالخراطة ابتداءا قبل ادخاله إلى قالب السحب قبل سحبه خلال القالب.
٤. تصنع القوالب عادة من كاربيد التنجستن (هي مواد مقاومة للبليان) وهي تستعمل لسحب النحاس و الفولاذ الطري (Mild steel) .

٥. من الممكن إجراء عملية السحب على عدة مراحل وبسلسلة من القوالب لتقليص قطر السلك تدريجياً ومن الممكن إن تكون نسبة التقليص 30% (ولا تزيد عن 50% في أي حال من الأحوال) خلال كل قالب. للأسلاك الرفيعة تكون نسبة التقليص بين (١٥- ٢٥)% بسبب ازدياد احتمالية حدوث كسر في السلك المسحوب خلال العملية.
٦. يعتمد اكبر تقليص مسموح به على مقدار الاحتكاك والقص الداخلي (الشغل الفائض).

٦-٧ الانفعال في عملية السحب strain in drawing process :-



شكل (٦-١٢) السلك أثناء عملية السحب

تأثير الانفعال في عملية السحب مشابه لتأثيره في عملية البثق وذلك من خلال التعبير عنه بمقدار التقلص في مساحة المقطع العرضي:

$$r = \frac{A_0 - A_1}{A_0} = [1 - \frac{A_1}{A_0}] < 1$$

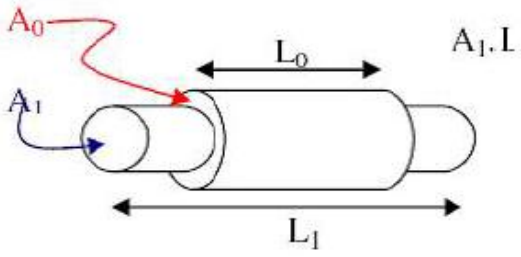
يسبب ثبات الحجم حسب مفهوم اللدونة :-

$$A_1.L_1 = A_0.L_0 = \text{Constant}$$

$$\therefore \frac{L_1}{L_0} = \frac{A_0}{A_1}$$

ومن المعادلة اعلاه :

$$r = [1 - \frac{A_1}{A_0}] \qquad \therefore \frac{A_1}{A_0} = (1 - r)$$



يكون الانفعال للقضيب الظاهر في الشكل

$$\varepsilon = \ln\left(\frac{L_1}{L_0}\right)$$

وبالتعبير عن الانفعال بالمساحة:-

$$\varepsilon = \ln\left(\frac{A_0}{A_1}\right)$$

وبالتعبير عن الانفعال بنسبة التقلص

$$\varepsilon = \ln\left(\frac{1}{1-r}\right)$$

يكون الشغل المبذول بواسطة قوة السحب وحركة المادة الخارجية من القالب لمسافة مقدارها L_1 هي

$$W = F.L_1$$

في حالة التشويه المتجانس:-

$$W = Vol.\ Y.\ (\varepsilon)$$

في غياب الاحتكاك

$$F = \frac{Vol.}{L_1}.Y.\ln\left(\frac{1}{1-r}\right)$$

$$\sigma = \frac{F}{A_1} = Y.\ln\left(\frac{1}{1-r}\right)$$

٦-٧-١ تحليل جهد السحب :-

يعبر عن جهد السحب (للقضيب او السلك) معوجود الاحتكاك وجهد القص الداخلي :-

$$\frac{P}{Y} = \frac{1+\beta}{\beta}\left(1-\left[\frac{D_1}{D_0}\right]^{2\beta}\right)$$

ونلاحظ إن هذه المعادلة شبيهة بمعادلة البثق ماعدا الاختلاف في الحد :-

$$\left[\frac{D_1}{D_0}\right]^{2\beta}$$

بالنسبة لسحب القطع المستطيلة غير الدائرية فان المعادلة تصبح بالشكل الآتي :-

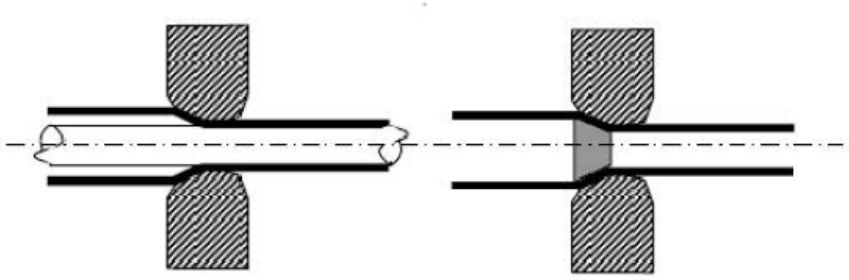
$$\frac{P}{Y} = \frac{1+\beta}{\beta}\left(1-\left[\frac{h_1}{h_0}\right]^{\beta'}\right)$$

حيث h_o, h_1 هي سمك القطعة قبل وبعد السحب على التعاقب.

وحيث

$$\beta = \mu.\cot\alpha$$

في حال سحب الأنابيب نستعمل قيم β مختلفة



شكل (٦-١٣) عملية سحب الأنابيب

عند استعمال عمود منتظم ، فان :-

$$\beta^* = \frac{(\mu_1 + \mu_2)}{(\tan\alpha - \tan\delta)}$$

أما عند استعمال إلعمود العائم

$$\beta^* = \frac{(\mu_1 - \mu_2)}{(\tan\alpha - \tan\delta)}$$

حيث μ_1 ، α هما معاملا الاحتكاك والزاوية بين القالب والأنبوب بينما μ_2 ، δ هما معاملا الاحتكاك والزاوية بين الأنبوب والعمود العائم .

مثال:- إذا كان جهد الخضوع للفولاذ الطري مساوي 120 MPa. جد أفضل زاوية لقالب السحب المطلوب استعماله مع استعمال (زيت البرافين + حامض 5%oleic) كمزيت. تم تحديد جهود السحب الآتية:-

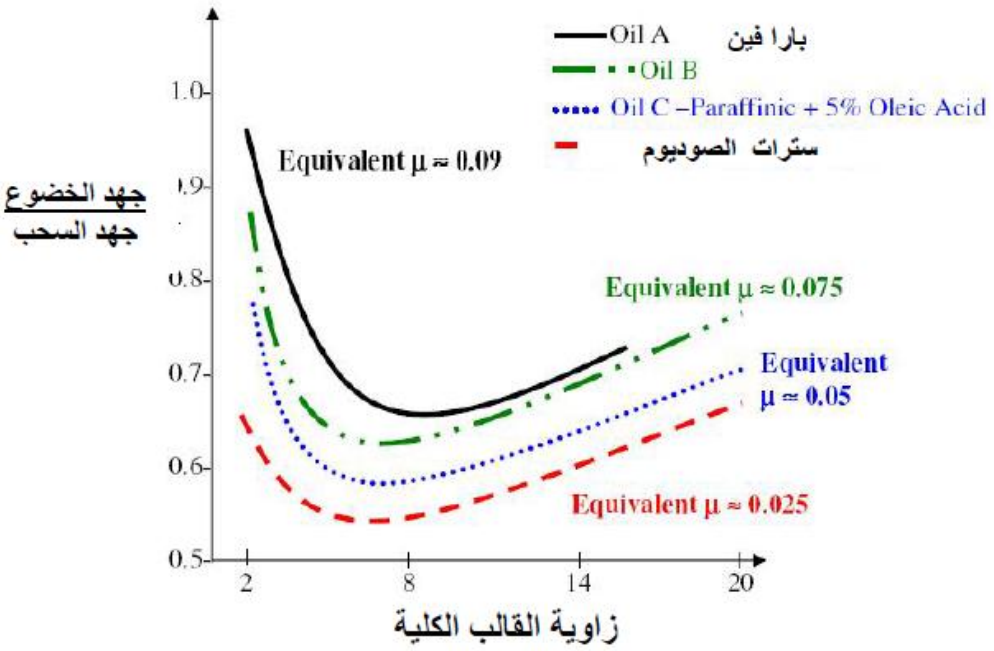
١. جهد السحب بدون احتكاك اضافي هو 160 MPa

٢. جهد السحب مع الاحتكاك هو 176 MPa

٣. جهد السحب مع الاحتكاك والجهد الإضافي هي 190 MPa

الجواب:-

نعود الى منحني جهد السحب و الانفعال شكل (٦-٩) فنلاحظ :

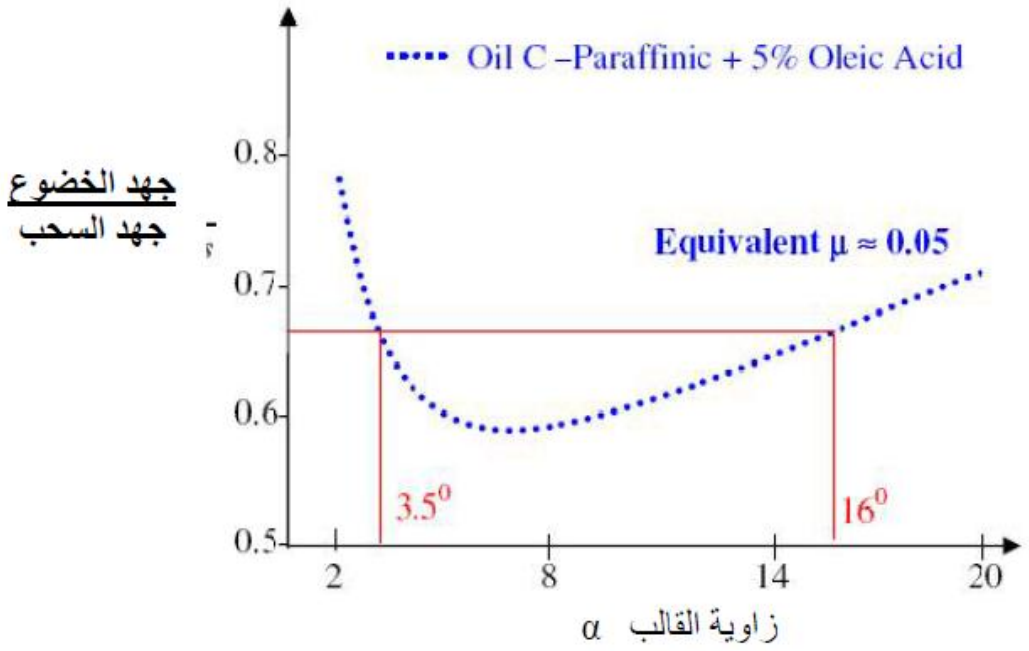


بما ان جهد السحب بوجود الاحتكاك يساوي 176 MPa مع جهد خضوع للفولاذ الطري مقداره 120MPa

إذن :

$$\frac{Yield.Stress}{Drawing.Stress} = \frac{120}{176} = 0.68$$

برسم خط من نقطة 0.68 ليتقاطع على منحني البرافين +حامض أوليك (شكل (٦-١٢)) فاننا نحصل على زاوية هي 7° ($2 * 3.5^{\circ}$) والتي ستكون مناسبة لسحب قضيب الفولاذ الطري.



شكل (٦ – ١٤)

مثال:– لوح من سبيكة (النيكـــل – الفضـــة) (NIKEL–SILVER) بعـــرض 12 mm وبسمك 0.6 mm ، تم سحبها الى سمك 0.35 mm خلال قوالب لها زاوية كلية مقدارها 20 درجة. هذه المادة لها جهد خضوع محوري 500 N/mm² ومعامل الاحتكـــاك بـــين المادة والقالب هو 0.08 احسب جهد السحب المطلوب ؟

الجواب:–

$$=\frac{P}{Y}=\frac{1+\beta}{\beta}\left(1-\left[\frac{D_1}{D_0}\right]^{2\beta}\right)$$

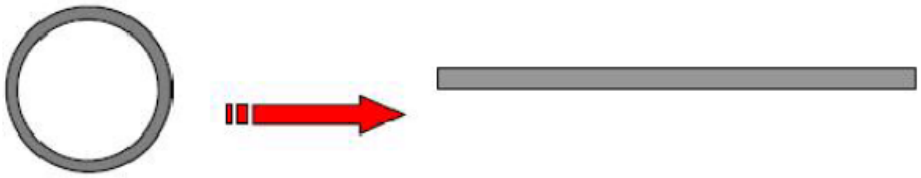
$$\beta=\mu.\cot\alpha=(0.08)*\cot\left[\frac{20^0}{2}\right]=0.45$$

$$P = Y.\frac{1+\beta}{\beta}\left(1-\left[\frac{D_1}{D_0}\right]^{2\beta}\right) = (500\ N.mm^{-2}).\ \frac{1+0.45}{0.45}\left(1-\left[\frac{0.35}{0.6}\right]^{2(0.45)}\right)$$

$$P = (500\ N/mm^2) * 1.2385$$

$$\underline{P = 619.25\ N.mm^{-2}}$$

مثال:–قارن بين نسبة السحب للعمود العائم ، والعمود المنتظم عند سحب أنبوب من الفولاذ الطري قطره الداخلي 50 mm مع سمك 2.5 mm ليصبح بقطر داخلي يساوي 49 mm مع سمك 1.8 mm افترض معامل الاحتكاك والزاوية الكلية هي 0.15 و 30° على التعاقب بين الأنبوب والقالب و 0.1 و 20° على التعاقب بين الأنبوب والعمود العائم .



الجواب : المساحة A_o تساوي المحيط x السمك :–

$$\pi.\overline{D}_0.h_0 \approx \pi.D_0.h_0 = 3.14\ (50)(2.5) = 392.7$$

المساحة A_1 :

$$A_1 = \pi.D_1.h_1 = 3.14\ (49)(1.8) = 277.0\ mm^2$$

(أ):

$$\beta_{Plug} = \frac{(\mu_1 - \mu_2)}{(\tan\alpha - \tan\delta)}, \text{ where } \mu_1 = 0.15, \mu_2 = 0.1, \alpha = 15^0, \text{ and } \delta = 10^0$$

حيث :

$$\beta_{Plug} = \frac{(0.15 - 0.1)}{(\tan 15 - \tan 10)} = 0.55$$

و هكذا

$$\frac{P}{Y} = \frac{1+\beta}{\beta}\left(1 - \left[\frac{A_1}{A_0}\right]^{2\beta}\right) = \frac{1+0.55}{0.55}\left(1 - \left[\frac{277}{392.7}\right]^{2(0.55)}\right) = 0.899$$

١٠٢

(ب)

$$\beta_{Mandrel} = \frac{(\mu_1 + \mu_2)}{(\tan\alpha - \tan\delta)}$$

حيث :

$$\beta_{Mandrel} = \frac{(0.15 + 0.1)}{(\tan 15 - \tan 10)} = 2.73$$

و هكذا :

$$\frac{P}{Y} = \frac{1+\beta}{\beta}\left(1 - \left[\frac{A_1}{A_0}\right]^{2\beta}\right) = \frac{1+2.73}{2.73}\left(1 - \left[\frac{277}{392.7}\right]^{2(2.73)}\right) = 1.163$$

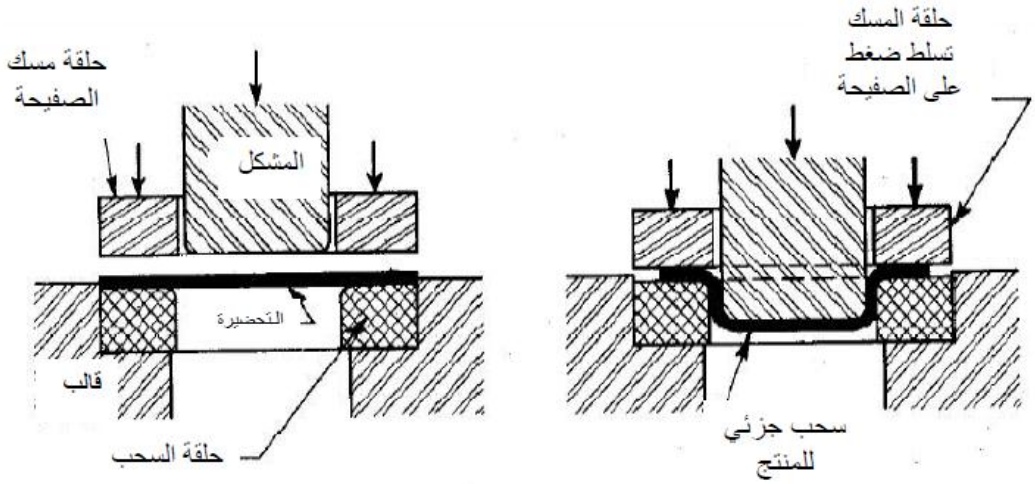
نستخرج نسبة الزيادة

$$\%\ \text{Increase} = \frac{0.899 - 1.163}{0.899} = 29\%$$

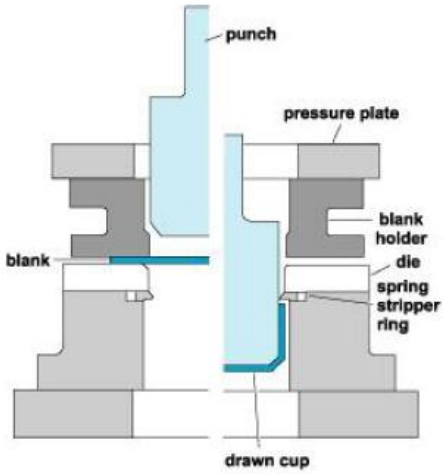
الجهد المطلوب للعمود المنتظم هو 29% أعلى من الجهد المطلوب للعمود العائم.

٧-٣ السحب العميق Deep drawing :-

يتم تسليط قوة الـــمشكل على صفيحة معدنية مستقيمة باتجاه تجويف القالب. يـــتم مســـك الصفيحة بواسطة لوحة مسك مسلط عليها قوة محسوبة.



شكل (٧-٣٤) خطوات عملية السحب



شكل (٧-٣٥) عملية سحب عميق خلال قالب معقد

وتستعمل عملية السحب بصورة واسعة في نتاج الصفائح الحديدية لانتاج الاواني والاحواض المعدنية وهي عادةمن العمليات النهائية. اشكال (٧-٣٦ الى ٧-٣٩).

شكل (٧-٣٦) مراحل السحب العميق المتعددة لانتاج اوعية الصودا

شكل (٧-٣٧) حوض الغسل مصنوع بطريقة السحب العميق

شكل (٧-٣٨) صورة لمنتج مصنوع بعملية السحب العميق

شكل (٧-٣٩) منتجات مختلفة مصنوعة بطريقة السحب العميق

الصفيحة المحضرة للسحب والممسوكة بلوحة المسك يتم سحبها شعاعياً إلى الداخل و في نهاية شوط السحب فان الصفيحة بأكملها تكون قد انضغطت إلى داخل القالب فيما يكون قطرها قد صغر. الغرض من لوحة المسك هو منع الصفيحة تحت جهد الضغط من إن تتعرض للتجعد (wrinkling) ، لذلك فان الاختيار الصحيح لقوة المسك هو أمر مهم ومؤثر على نجاح السحب. عادة يتراوح ضغط صفيحة المسك من 0.7 -1 % من مجموع جهدي مقاومة الخضوع والمقاومة القصوى لمعدن الصفيحة. شكل (٧-٤٠).

شكل (٧-٤٠) تأثير قوةالمسك على جزدة المنتج المسحوب

٧-٣-١ العوامل الرئيسة المؤثرة على عملية السحب العميق (للصفائح الدائرية):-

١. خصائص معدن الصفيحة.

٢. نسبة قطر المعدن المحضر الى قطر الـــمشكل والقالب .

٣. الخلوص بين الـــمشكل و القالب.

٤. نصف قطر المشكل R_p .

٥. نصف قطر زاوية القالب R_d.

٦. قوة المسك F

٧. الاحتكاك والتزييت.

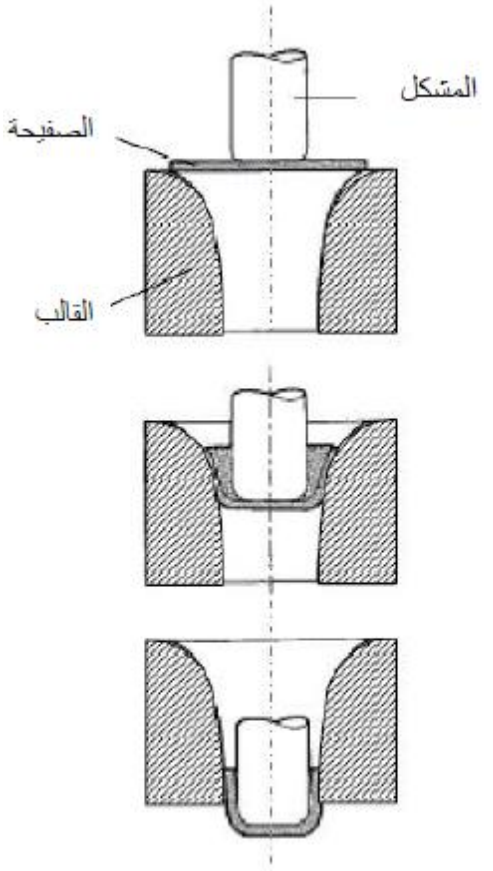
٧-٣-٢ ملاحظات عامة :

- تشكيل عمق العلبة لا يحدث بسبب نقصان في سمك جدران العلبة ولكن بسبب نقصان المساحة الكبيرة للتحضيرة لذلك لا يحدث تغير كبير في سمك الجدران.
- السحب العميق هي طريقة تستعمل للأجزاء العميقة وكذلك للأجزاء قليلة العمق.
- يعبر عن قابلية السحب العميق Deep Drawability بنسبة السحب المحدودة.
- الخلوص بين المشكل والقالب :- عادة يتراوح بين 7 – 14% من سمك الصفيحة. إذا كان الفراغ قليل جداً فسيحدث تمزق وقطع للصفيحة نتيجة ضغط المشكل .
- إنصاف أقطار زوايا القالب R_p , R_d : إذا كانت صغيرة فمن المحتمل إن تسبب فشل عند الزاوية. وإذا كانت كبيرة فان العلبة ستتجعد.
- تحديد حجم المعدن المحضر وشكله لعملية السحب العميق للإشكال المعقدة غالباً ما يحتاج إلى التجربة والخطأ.
- مطيلية عالية للسماح بجريان لدن واسع إثناء العملية.
- قابلية أصلاد- إجهادي واطئة لمنع تشقق الجزء وتقليل عمليات إعادة التخمير الضرورية.
- مقاومة شد عالية ليتحمل جهود السحب التي تحاول تمزيق جدران المنتج إثناء سحبة من تحت لوحة المسك.
- حجم حبيبي متجانس ومنتظم للحصول على جريان منتظم وتقليل ظاهرة التأذن earing .

٧-٣-٤ السحب العميق بدون لوحة مسك:-

من الممكن إن يتم ذلك مع المواد السميكة لمنع حدوث التجعد. وهنا يتم تصميم مدخل القالب بحسابات خاصة.

من الأجزاء الممكن تصنيعها بواسطة السحب العميق ، حاويات الأطعمة ، العلب المعدنية ،أحواض غسل الصحون وغيرها كثير.

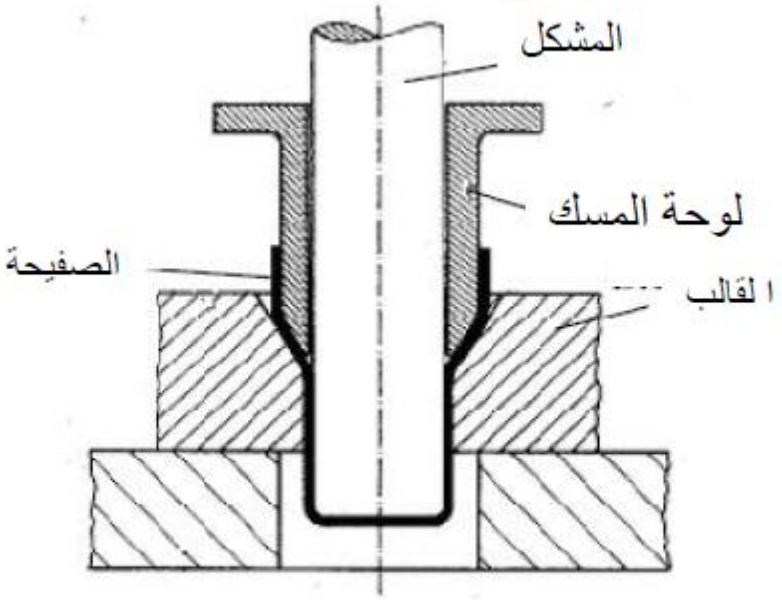


شكل (٧-٤٣) سحب عميق بدون لوحة

٧-٣-٥ إعادة السحب Redrawing :-

الأجزاء التي من الصعب جداً سحبها في عملية واحدة يتم سحبها في عدة مراحل. تسمح لوحة المسك المخروطة بجريان لين للمعدن لمنع التجعد انظر الشكل (٧-٢٨).

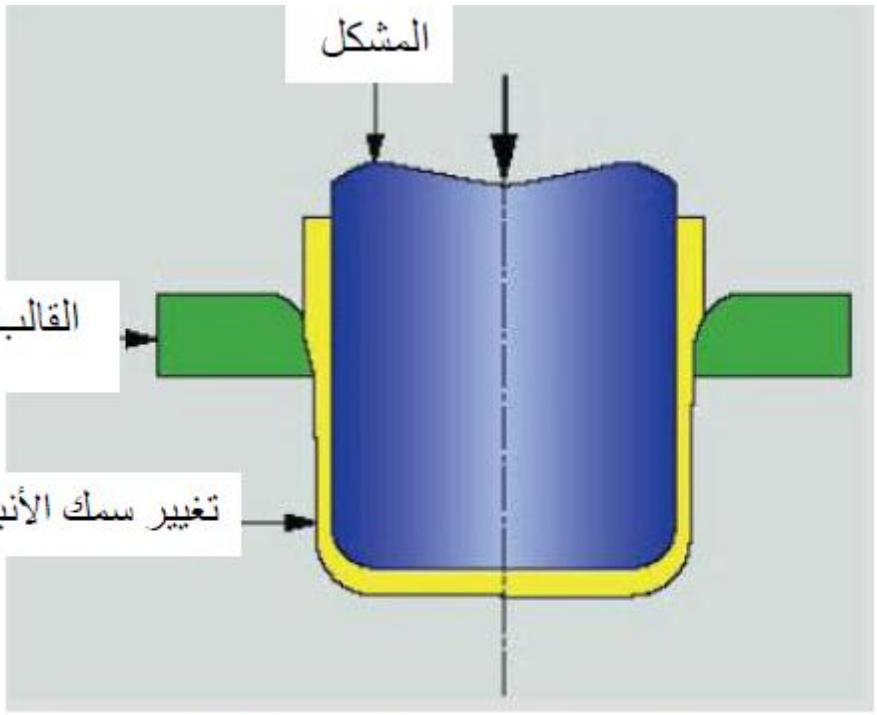
يتم تشكيل الإشكال المعقدة بواسطة استخدام المكابس press working. وذلك بتعريض الصفيحة المعدنية لعمليات مركبة من القص والحني والسحب في آن واحد simultaneously. حيث تكبس صفيحة المعدن بين المشكل و القالب ، من الأمثلة : أجزاء هيكل السيارة .



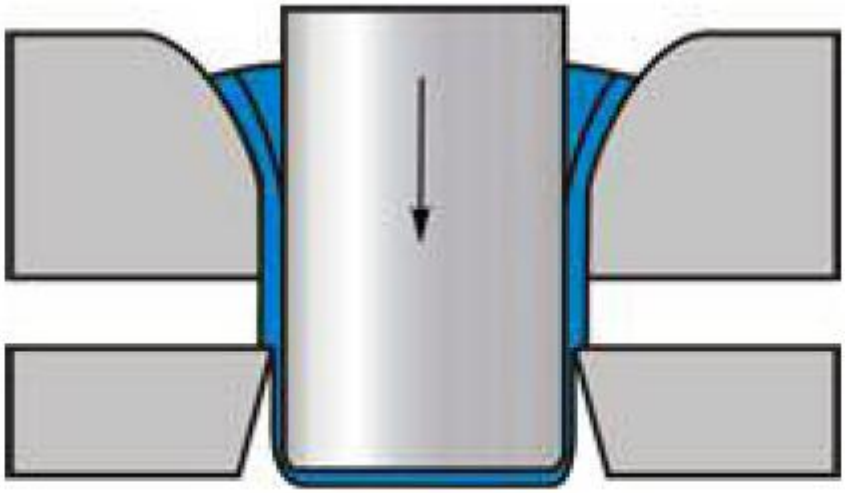
شكل (٧-٤٤) إعادة سحب الأنبوب

٧-٣-٦ ضبط السمك Ironing

هو عبارة عن إنقاص سمك جدران الجزء المسحوب بسحبه بين مشكل و قالب حيث الفراغ بين المشكل و القالب هو اقل من السمك الأصلي للجزء حيث لا حاجة لاستعمال اللوحة الماسكة. Blank holder ، تنحف الجدران الطويلة بينما يبقى سمك القاعدة بدون تغير. تستعمل هذه العملية لضبط السمك والحصول على سمك متجانس. من تطبيقاتها المعروفة العلب المعدنية.



شكل (٧– ٤٥) عملية ضبط السمك



شكل (٧–٤٦) عملية سحب بدون لوحة مسك مع ضبط السمك