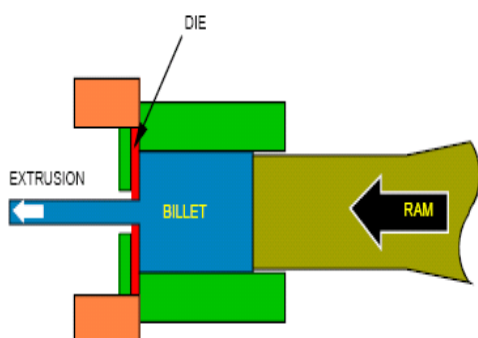


ΔΙΕΛΑΣΗ



Κατά τη διέλαση (extrusion) το τεμάχιο συμπιέζεται μέσω ενός εμβόλου μέσα σε μεταλλικό θάλαμο, στο άλλο άκρο του οποίου ευρίσκεται κατάλληλα διαμορφωμένη μήτρα, και αναγκάζεται να εξέλθει από το άνοιγμα της μήτρας αποδίδοντας προϊόν με μικρότερη διατομή και μεγαλύτερο μήκος,

- Το εργαλείο διέλασης περιλαμβάνει : το μεταλλικό θάλαμο, τη μήτρα, το έμβολο και το συμπληρωματικό εξοπλισμό (δακτυλίους συγκράτησης κλπ.).

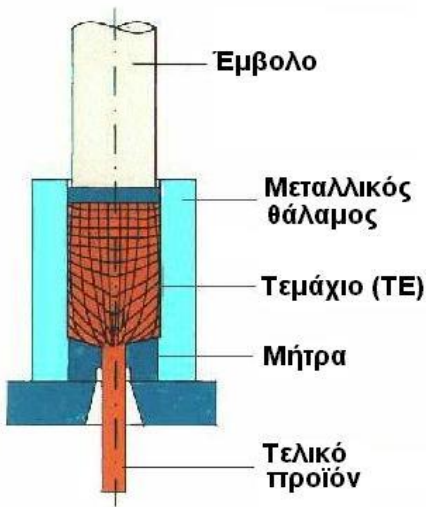
- Η διέλαση είναι γνωστή από τον 18^ο αιώνα και εκτελείται είτε ως θερμή είτε ως ψυχρή κατεργασία.
- Η εργαλειομηχανή για την εκτέλεση της διέλασης είναι πρέσα, συνήθως υδραυλική και οριζόντια για τη θερμή διέλαση και κατακόρυφη για τη ψυχρή διέλαση.
- Οι ταχύτητες εμβόλου φθάνουν μέχρι 0.5 m/s. Οι μικρότερες ταχύτητες προτιμούνται για την κατεργασία μαλακών υλικών (Al, Mg, Cu), ενώ οι μεγαλύτερες τιμές για τα σκληρότερα υλικά (χάλυβες, πυρίμαχα κράματα

Video με διέλαση:

- <https://www.youtube.com/watch?v=iiG1q7408ME>
- <https://www.youtube.com/watch?v=e5rxQkwi8LE>
- <https://www.youtube.com/watch?v=1fNOgqmLUco>

Ταξινόμηση μεθόδων διέλασης

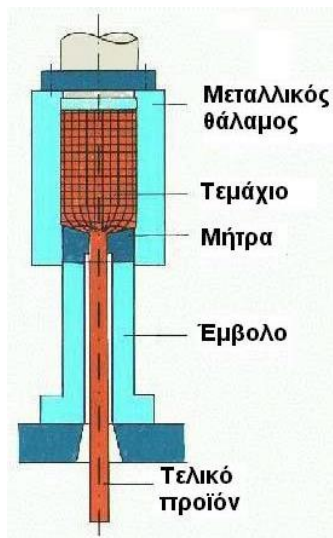
1. Άμεση διέλαση (Direct extrusion)



κίνησης του εμβόλου.

- Η μπάρα «γλιστρά» στα τοιχώματα του μεταλλικού θαλάμου κατά τη διάρκεια της κατεργασίας, αναπτύσσοντας ισχυρές δυνάμεις τριβής.

2. Έμμεση διέλαση (Indirect extrusion)



Στο μέτωπο του εμβόλου έχει ενσωματωθεί η μήτρα.

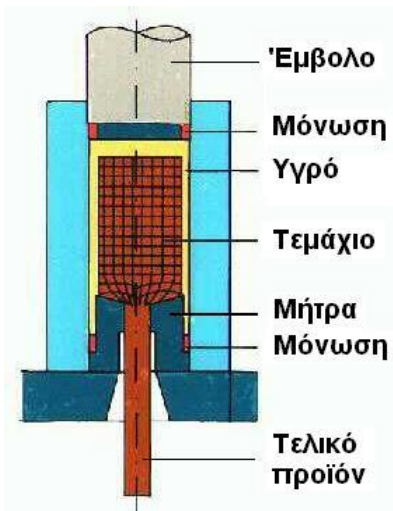
Η πρέσσα πιέζει το αλουμίνιο που υφίσταται διέλαση με αντίθετη κατεύθυνση από την κίνηση της πρέσσας

- Με την κίνηση του εμβόλου η μήτρα κινείται ως προς τη μπιγιέτα, ενώ αυτή παραμένει σταθερή μέσα στο θάλαμο. Το τελικό προϊόν εξέρχεται από κεντρική οπή στον άξονα του εμβόλου.

- Η ροή του υλικού έχει αντίθετη κατεύθυνση από αυτή της κίνησης του εμβόλου.

- Οι τριβές στη διεπιφάνεια μπιγιέτας/θαλάμου είναι αμελητέες.

3. Υδροστατική διέλαση (Hydrostatic extrusion)

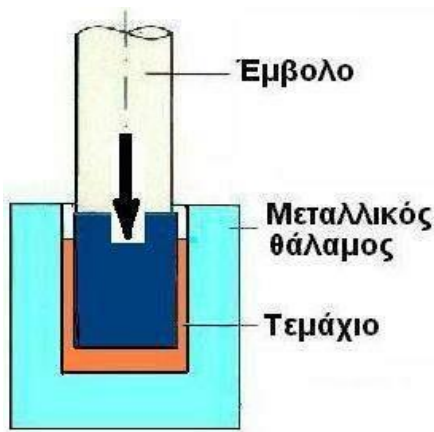


Ο μεταλλικός θάλαμος γεμίζει με υγρό, το οποίο συμπιέζεται από το έμβολο. Η αναπτυσσόμενη υδραυλική πίεση μεταφέρεται ομοιόμορφα στη μπιγέτα, η οποία και διελάσσεται.

Δεν υπάρχει καθόλου τριβή της μπιγιέτας με τα τοιχώματα του θαλάμου.

Προσοχή πρέπει να δίνεται στη στεγανότητα της εγκατάστασης.

4. Κρουστική διέλαση (Impact extrusion)



Πρόκειται για μια μορφή έμμεσης διέλαση και εκτελείται με μεγάλη ταχύτητα εμβόλου.

• Λόγος διέλασης

$$R = A_0 / A_f$$

Όπου A_0 η αρχική διατομή και

A_f η τελική διατομή μετά την διέλαση.

Από την αρχή διατήρησης του όγκου

$$A_0 \times l_0 = A_f \times l_f.$$

Ο λόγος διέλασης μπορεί να είναι και 400

Έμμεση ή άμεση διέλαση

- Στη άμεση διέλαση η ασκούμενη πίεση πρέπει να διαμορφώσει το αλουμίνιο αλλά και να υπερκαλύψει τη τριβή που αναπτύσσεται μεταξύ μπάρας και υποδοχέα. Αντίθετα στην έμμεση διέλαση μπάρα και υποδοχέας δεν κινούνται μεταξύ τους και όλη η διατειθέμενη πίεση ασκείται για διέλαση
- Στην έμμεση διέλαση μπορούν να χρησιμοποιηθούν μπάρες μεγαλύτερου μήκους (οπότε για συγκεκριμένο λόγο διέλασης μπορούν να παραχθούν μεγαλύτερα μήκη προϊόντος)
- Στην έμμεση διέλαση μπορεί να χρησιμοποιηθεί μεγαλύτερος λόγος διέλασης
- Στην έμμεση διέλαση οι θερμοκρασίες είναι χαμηλότερες

- Στην έμμεση διέλαση οι ταχύτητες είναι μεγαλύτερες

Φάσεις της διέλασης (άμεσης)

Φάση 1: Αρχική ή μεταβατική φάση

Βαθμιαίο γέμισμα του μεταλλικού θαλάμου με το κατεργαζόμενο υλικό.

Απότομη αύξηση του φορτίου μέχρι μια μέγιστη τιμή, που αντιστοιχεί στην έναρξη εμφάνισης του πρώτου τμήματος προϊόντος στην έξοδο της μήτρας.

Φάση 2: Ευσταθής φάση

Ομαλή διεξαγωγή της διέλασης με σταθερό ρυθμό.

Ανάπτυξη νεκρής ζώνης (ακίνητο υλικό) στην έξοδο της μήτρας.

Μείωση του μήκους της μπιγέτας μέσα στο θάλαμο με συνέπεια τη μείωση της αντίστασης τριβών.

Βαθμιαία μείωση του φορτίου διέλασης, σε μικρότερο βαθμό στη θερμή διέλαση και σε μεγαλύτερο ρυθμό για την ψυχρή διέλαση

Φάση 3: Φάση αστάθειας

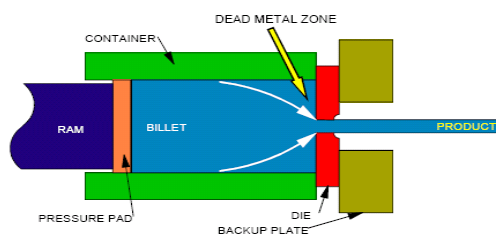
Όταν το μήκος της μπιγέτας μέσα στο μεταλλικό θάλαμο γίνει πολύ μικρό (το έμβολο πλησιάζει τη νεκρή ζώνη), παρατηρείται τριγμός στο εργαλείο διέλασης και θόρυβος.

Το φαινόμενο συνοδεύεται με απότομη μείωση του φορτίου μέχρι μια ελάχιστη τιμή.

Φάση 4: Ανάπτυξη ελαττώματος

Περαιτέρω μείωση του μήκους της μπιγέτας οδηγεί σε απώλεια επαφής του κεντρικού τμήματος της μπιγέτας με την πιέζουσα επιφάνεια του εμβόλου, δημιουργείται

κεντρική κοιλότητα στο τελικό προϊόν και το υπόλοιπο τμήμα της μπιγέτας παρασύρεται μέσα σ' αυτή την κοιλότητα.



Το τμήμα του τελικού προϊόντος που φέρει τη σχηματιζόμενη κοιλότητα θεωρείται ελαττωματικό και αποκόπτεται.

Κατά τη φάση αυτή σημειώνεται απότομη αύξηση του φορτίου κατεργασίας και συνιστάται η διακοπή της κατεργασίας.

Παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα των προϊόντων διέλασης

- Θερμοκρασία μπάρας
- Σύνθεση κράματος προς διέλαση
- Ποιοτική κατάσταση μπάρας
- Ποιοτική κατάσταση υποδοχέα
- Επιθυμητή διατομή και ποιότητα επιφάνειας
- Κατάσταση καλουπιού
- Κατάσταση δαχτυλιδιών καλουπιού
- Θερμοκρασία καλουπιού
- Παράγοντες που επηρεάζουν το φορτίο διέλασης είναι:

(1) ο τύπος διέλασης (άμεση ή έμμεση)

(2) ο λόγος διέλασης R_e

(3) η θερμοκρασία διέλασης

(4) η ταχύτητα παραμόρφωσης

(5) οι συνθήκες τριβής στις τριβόμενες επιφάνειες.

Οι μεγάλες θερμοκρασίες κατεργασίας μειώνουν την τάση ροής ή την αντίσταση σε παραμόρφωση του υλικού ΤΕ.

Χαρακτηριστικές θερμοκρασίες θερμής διέλασης για τα διάφορα υλικά είναι: Χάλυβας (1200°C), Cu και κράματά του (800°C), Al και κράματά του (470°C), Pb (230°C) κλπ.

Οι υψηλές θερμοκρασίες εισάγουν προβλήματα οξείδωσης του κατεργαζόμενου υλικού και του εργαλείου διέλασης, εξασθένησης (softening) των υλικών μήτρας/θαλάμου/εμβόλου και διάσπασης του χρησιμοποιούμενου λιπαντικού.

Η θερμοκρασία κατεργασίας πρέπει να είναι η ελάχιστη δυνατή, η οποία θα εξασφαλίζει επαρκή πλαστικότητα στο υλικό και δεν θα προκαλεί θερμική συστολή.

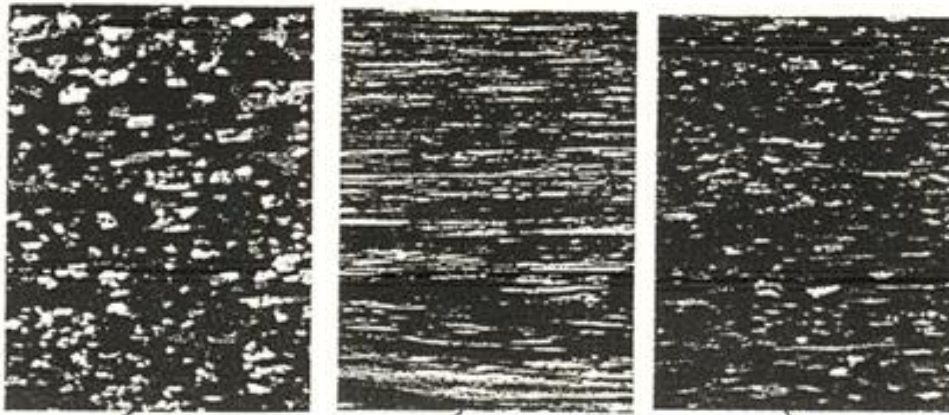
Παρατηρείται σημαντική αύξηση της θερμοκρασίας στις σχετικά μεγάλες μειώσεις της διατομής (έργο παραμόρφωσης), οπότε στον υπολογισμό της βέλτιστης θερμοκρασίας πρέπει να λαμβάνεται υπόψη αυτή η θερμοκρασιακή μεταβολή για να μην φθάσει το υλικό κοντά στο σημείο τήξης του ή στην περιοχή που συμβαίνει θερμική συστολή.

Αύξηση της ταχύτητας εμβόλου προκαλεί αύξηση της πίεσης εμβόλου

Στις χαμηλές ταχύτητες παρατηρείται ταχύτερη απόψυξη της μπιγιέτας. Άμεση συνέπεια αυτού είναι η σκλήρυνση του υλικού και η βαθμιαία αύξηση του φορτίου διέλασης. Όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία της μπιγιέτας, τόσο πιο έντονη είναι η επίδραση της χαμηλής ταχύτητας στην απόψυξη της.

Άρα, όπου απαιτούνται υψηλές θερμοκρασίες θα εφαρμόζονται σχετικά μεγάλες ταχύτητες εμβόλου.

Στα μη σιδηρούχα μέταλλα συνήθως δεν χρησιμοποιείται λιπαντικό ή σπάνια γραφίτης.



πρίν τη διέλαση

κατά τη διέλαση

Αμέσως μετά τη διέλαση

Θερμή διέλαση τα διάφορα μεγέθη

- Διάμετρος “μπιγιέτας” D_b (m)
- Μήκος “μπιγιέτας” L_b (m)
- Βάρος “μπιγιέτας” $W_b = \rho \pi / 4 D_b^2 L_b$ (Kg)
- Διάμετρος θαλάμου D_c
- Διατομή θαλάμου $A_c = \pi / 4 D_c^2$ (m²)
- Ωφέλιμη διάμετρος (περιγεγραμμένη) της διατομής d (m)
- Πάχος του διελατού t (m)
- Επιφάνεια διατομής του σχεδίου A_s (m²)
- Βάρος της διατομής ανά μέτρο μήκους $w_s = A_s \rho$ (Kg/m)
- Λόγος διέλασης $R = A_c / A_f$ Συνήθως R μεταξύ 20-80. Αν το R είναι μεγάλο (>70) και το σχήμα το επιτρέπει το καλούπι σχεδιάζεται με περισσότερες “φωλιές”.

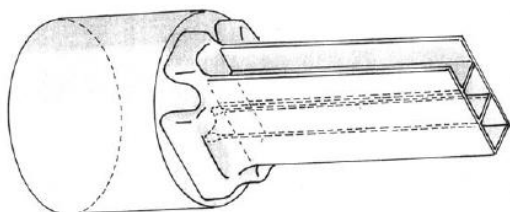
Απόκομμα

Μήκος αποκόμματος L_d

Βάρος αποκόμματος W_d

Βάρος διατομής που έχει γίνει διέλαση: $W_s=W_b-W_d$

Μήκος διατομής που έχει γίνει διέλαση $L_s=W_s/w_s$



Συντελεστής Διελατότητας διαφόρων κραμάτων

κράμα	διελατότητα	κράμα	διελατότητα
DC	150	6061	60
1060	150	6063	100
1100	150	6066	40
1150	150	6101	100
2011	15	6151	70
2014	20	6253	50
2024	15	6351	60
3003	100	6463	100
5052	80	6663	100
5083	20	7001	
5164	60	7075	10
5254	50	7079	10
5454	50	7178	
5456	20		

Όλα τα κράματα μπορούν να υποστούν διέλαση, αλλά μερικά είναι λιγότερο κατάλληλα από άλλα και απαιτούν μεγαλύτερες πιέσεις. Η ταχύτητα διέλασης είναι μικρότερη και η επιφάνεια του προϊόντος κακή. Ο όρος «διελατότητα» χρησιμοποιείται για να κλιμακώσει όλα τα ανωτέρω με το καθαρό αλουμίνιο να είναι στη μια άκρη και τα σκληρά κράματα Al-Zn/Mg/Cu από την άλλη. Η μεγάλη

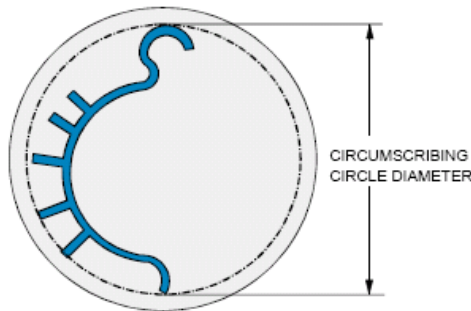
αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων της διέλασης κάνει αυτή την κλίμακα να μην είναι απόλυτη αλλά μόνο βοηθητική.

Συντελεστές δυσκολίας

- Για την αξιολόγηση του βαθμού δυσκολίας που εισάγει μια μήτρα στη διεξαγωγή της διέλασης χρησιμοποιούνται οι παράμετροι:
- $\Delta_1=(\text{περίμετρος διατομής προϊόντος})/(\text{περίμετρος μπιγέτας ισοδύναμης κυκλικής διατομής})$
- $\Delta_2=(\text{περίμετρος διατομής προϊόντος})/(\text{βάρος ανά μονάδα μήκους})$
- $\Delta_3=(\text{διάμετρος περιγεγραμμένου κύκλου})/(\text{ελάχιστο πάχος διατομής})$

- Η φυσική ερμηνεία αυτών των συντελεστών είναι η εξής:
- Καθώς αυξάνεται η περίμετρος της διατομής και των λεπτομερειών της (εσοχές, εξοχές) (συνδυασμός των Δ_1 και Δ_3), αυξάνεται η δυσκολία διέλασης.
- Καθώς αυξάνεται το βάρος ανά μονάδα μήκους (μεγάλες διατομές), μειώνεται η δυσκολία διέλασης (δείκτης Δ_2).

Περιορισμοί σχεδιασμού προϊόντων



- Η συνολική διάσταση μιάς διατομής σχετίζεται με τη διάμετρο της μπάρας
 - Η ελαχίστη διατομή έχει σχέση με τη θέση της διατομής σε ένα περιγεγραμμένο κύκλο, με τη πολυπλοκότητα της διατομής και το κράμα.
- Ελάχιστο πάχος περίπου 0,5mm
 - Αν λάβει υπόψη του κάποιος αυτούς τους περιορισμούς τότε δεν υπάρχει άλλος περιορισμός σχήματος