

3. ΑΤΕΛΕΙΕΣ ΤΗΣ ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΗΣ ΔΟΜΗΣ

3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Οι κρύσταλλοι δεν είναι ποτέ τέλει. Περιέχουν ατέλειες διαφόρων ειδών, οι οποίες επηρεάζουν τις ιδιότητές τους. Ο θεωρητικός υπολογισμός των ιδιοτήτων των μετάλλων υπερεκτιμά την τιμή τους (π.χ. αντοχή), διότι θεωρεί τέλεια κρυσταλλική δομή. Στην πραγματικότητα οι κρύσταλλοι εμφανίζουν μεγάλο αριθμό ατελειών, οι οποίες “τροποποιούν” τις ιδιότητές τους και ευθύνονται για τη διάδοση των πλαστικών (μόνιμων) παραμορφώσεων.

Οι ατέλειες του κρυσταλλικού πλέγματος κατατάσσονται στις ακόλουθες τέσσερις κύριες κατηγορίες:

- Μηδενικής διάστασης ή σημειακές ατέλειες
- Μίας διάστασης ή Γραμμικές ατέλειες ή διαταραχές
- Δύο διαστάσεων ή επίπεδες ατέλειες
- Ατέλειες τριών διαστάσεων

3.2 ΑΤΕΛΕΙΕΣ ΜΗΔΕΝΙΚΗΣ ΔΙΑΣΤΑΣΗΣ Ή ΣΗΜΕΙΑΚΕΣ

Είναι τάξης μεγέθους των ενδοατομικών αποστάσεων. Είναι οι μόνες που είναι αντιστρεπτές, δηλαδή ο αριθμός τους αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας αλλά μειώνεται στην αρχική τιμή του με την επαναφορά της θερμοκρασίας στο αρχικό επίπεδο.

3.2.1 Πλεγματικά κενά

Είναι η απλούστερη σημειακή ατέλεια και συμβαίνει όταν ένα άτομο απουσιάζει από την πλεγματική του θέση. Η ενέργεια που απαιτείται για να συμβεί είναι περίπου 1 eV. Στα μέταλλα η συγκέντρωση των κενών σπάνια υπερβαίνει την τιμή 1/10000 άτομα. Ο αριθμός τους είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας. Τα πλεγματικά κενά μετακινούνται, ανταλλάσσοντας θέσεις με γειτονικά άτομα, παίζοντας σημαντικό ρόλο στο φαινόμενο της διάχυσης στη στερεά κατάσταση. Το φαινόμενο αυτό αφορά στη μετατόπιση ατόμων σε σημαντικές αποστάσεις μέσα από το πλέγμα.

3.2.2. Ένθετα άτομα Μητρικής Δομής

Η περίπτωση αφορά σε άτομα του ίδιου στοιχείου του κρυστάλλου τα οποία έχουν παρεμβληθεί μεταξύ των ατόμων του πλέγματος σε παραπλεγματικές θέσεις. Απαιτεί μεγάλη ενέργεια περίπου 7 eV, με αποτέλεσμα να είναι σπάνια μορφή ατελειών. Δημιουργούνται με χρήση ακτινοβολίας.

3.2.3. Ξένα ένθετα Άτομα

Ένα σώμα μπορεί να διαλύσει σε ένα ορισμένο ποσοστό εντός του πλέγματός του ένα άλλο σώμα, σχηματίζοντας **στερεό διάλυμα**. Το στερεό αυτό διάλυμα μπορεί να είναι **στερεό διάλυμα αντικατάστασης** ή **στερεό διάλυμα**

παρεμβολής.**3.2.3.α Στερεό διάλυμα αντικατάστασης**

Το άτομο του δεύτερου στοιχείου τοποθετείται στη θέση του πλέγματος που είχε ένα άτομο του μητρικού στοιχείου. Επειδή τα άτομα των δύο στοιχείων έχουν διαφορετικές ακτίνες, προκαλούνται τοπικές παραμορφώσεις του κρυσταλλικού πλέγματος. Άλλοτε τα ξένα άτομα κατέχουν τυχαίες θέσεις και άλλοτε είναι κανονικά διατεταγμένα εντός του κρυσταλλικού πλέγματος. Η παρουσία των ατελειών αυτών ευνοείται από τους ακόλουθους παράγοντες:

- μέγεθος ατόμων

η διάμετρος των ατόμων του πρόσθετου στοιχείου δεν θα πρέπει να διαφέρει περισσότερο από 14% αυτή του μητρικού.

- σθένος

Τα δύο μέταλλα θα πρέπει να έχουν το ίδιο σθένος

- ηλεκτραρνητικότητα

Όσο περισσότερο διαφέρει η τιμή της μεταξύ των δύο στοιχείων, τόσο χάνεται ο μεταλλικός χαρακτήρας του δεσμού, πηγαίνοντας προς σχηματισμό διμεταλλικής ένωσης με μερικό ιοντικό δεσμό.

- συγκέντρωση ηλεκτρονίων σθένους

αν e ο αριθμός των ηλεκτρονίων σθένους ανά κυψελίδα και a η παράμετρος του πλέγματος, για $e/a \leq 1,4$ έχουμε πλήρη διαλυτότητα

Αν επιπλέον η διαφορά διαμέτρων είναι μικρότερη του 8%, τότε τα δύο στοιχεία αναμιγνύονται μεταξύ τους σε οποιαδήποτε αναλογία (στοιχεία πλήρους αναμιξιμότητας).

Οι ορείχαλκοι είναι κράματα Cu-Zn τα οποία αποτελούν στερεά διαλύματα αντικατάστασης (ο Zn αντικαθιστά τον Cu έως και 40% κ.β.).

3.2.3.β Στερεό διάλυμα παρεμβολής

Έχει ήδη αναφερθεί ότι στις κρυσταλλικές δομές bcc, fcc, hcp υπάρχουν κενά οκταεδρικής και τετραεδρικής μορφής. Στα στερεά διαλύματα παρεμβολής οι ατέλειες οφείλονται στην τοποθέτηση (παρεμβολή) των ξένων ατόμων εντός αυτών ακριβώς των διακένων του κρυσταλλικού πλέγματος σε παρακρυσταλλικές θέσεις. Εμφανίζονται όταν η διάμετρος του ξένου ατόμου είναι αρκετά μικρότερη της διαμέτρου των ατόμων του μητρικού πλέγματος και προφανώς έχουν διάμετρο με τάξη μεγέθους αυτής των κενών. Τα συνηθέστερα στοιχεία παρεμβολής είναι τα C, N, H, O και B με ατομικές διαμέτρους όπως φαίνονται παρακάτω:

C: 0,077 nm, N: 0,071 nm, H: 0,046 nm, O: 0,060 nm και B: 0,091 nm.

Η παρεμβολή ευνοείται όταν το άτομο παρεμβολής έχει διάμετρο μικρότερη του 0,59 της διαμέτρου των ατόμων του μητρικού πλέγματος. Επίσης ευνοείται όταν τα μητρικά άτομα ανήκουν στα μεταβατικά στοιχεία. Οι ατέλειες παρεμβολής εμφανίζονται στα κράματα μετάλλου – αμετάλλου, με κλασικότερη και περισσότερο ενδιαφέρουσα περίπτωση αυτή του χάλυβα, ο οποίος είναι στερεό διάλυμα παρεμβολής ατόμων C σε κρυσταλλικό πλέγμα Fe.

Ο σίδηρος εμφανίζεται με δύο διαφορετικές κρυσταλλικές δομές. Άνω των 912 βαθμών Κελσίου έχει δομή fcc και κάτω από τους 912 βαθμούς έχει δομή bcc. Στο fcc η τοποθέτηση ατόμου εντός του οκταεδρικού κενού επιβάλλει ελαφρά διόγκωση του πλέγματος προς όλες τις διευθύνσεις, ενώ στο bcc προκαλεί σημαντικές παραμορφώσεις μόνο κατά την διεύθυνση [100]. Αν και το οκταεδρικό κενό του bcc έχει μικρότερο μέγεθος απ' ότι το τετραεδρικό κενό στο bcc, πληρούται το οκταεδρικό γιατί απαιτεί τη λιγότερη ενέργεια (στη δεύτερη περίπτωση απαιτείται η ταυτόχρονη μετακίνηση 4 ατόμων).

Η ενέργεια παραμόρφωσης της fcc δομής είναι μικρότερη αυτής του bcc, με αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη διαλυτότητα του C στην πρώτη περίπτωση (2% κ.β.) από ότι στη δεύτερη δομή (0,025% κ.β.).

Η δημιουργία στερεών διαλυμάτων παρεμβολής πραγματοποιείται πιο εύκολα από τα στερεά διαλύματα αντικατάστασης, μιας και δεν απαιτείται η ύπαρξη των πλεγματικών κενών για τη μετακίνηση των ξένων ατόμων εντός του πλέγματος.

3.2.4. Ατέλειες Schottky και Frenkel

Στα **ιοντικά στερεά**, κατά τη δημιουργία σημειακών ατελειών, θα πρέπει να επιτυγχάνεται ηλεκτρουδετερότητα (ισότητα αρνητικών και θετικών ιόντων). Έτσι ένα θετικό κενό πρέπει να ισορροπείται με την παρουσία στη γειτονιά του ενός αρνητικού κενού. Αυτό το ζεύγος κενών ονομάζεται **ατέλεια Schottky**.

Αν ένα θετικό ιόν μετακινηθεί σε παραπλεγματική θέση δημιουργεί τοπικά θετικό κενό. Το ζεύγος κενού – παραπλεγματικού ιόντος ονομάζεται **ατέλεια Frenkel**.

Και οι δύο ατέλειες προκαλούν αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας εντός του κρυστάλλου.

3.3 ΑΤΕΛΕΙΕΣ ΜΙΑΣ ΔΙΑΣΤΑΣΗΣ Ή ΓΡΑΜΜΙΚΕΣ ΑΤΕΛΕΙΕΣ Ή ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ

Αποτελούν διαταράξεις της κρυσταλλικής δομής κατά μήκος μιας γραμμής, η οποία έχει σαν αποτέλεσμα τον διαχωρισμό του πλέγματος σε δύο τέλεια τμήματα, με ατέλεια στη γραμμή επαφής τους. Συνήθως καλούνται **διαταραχές**, ενώ δημιουργούνται είτε κατά τη στερεοποίηση ή κατά την πλαστική παραμόρφωση του υλικού. Στην παρουσία τους και στους μηχανισμούς μετακίνησης και πολλαπλασιασμού των διαταραχών βασίζεται η **πλαστική παραμόρφωση** και η **αντοχή των υλικών**. Η πυκνότητά τους εκφράζεται με το συνολικό τους μήκος στη μονάδα όγκου. Σε ένα ανοπτημένο μέταλλο η πυκνότητα αυτή έχει τιμή περίπου $10E6 \text{ cm/cm}^3$ ενώ μετά από πλαστική παραμόρφωση φτάνει μέχρι και την τιμή $10E12 \text{ cm/cm}^3$.

Διακρίνονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Διαταραχές ακμής
- Διαταραχές κοχλία ή ελικοειδείς
- Μικτές Διαταραχές

3.3.1. Διαταραχές ακμής

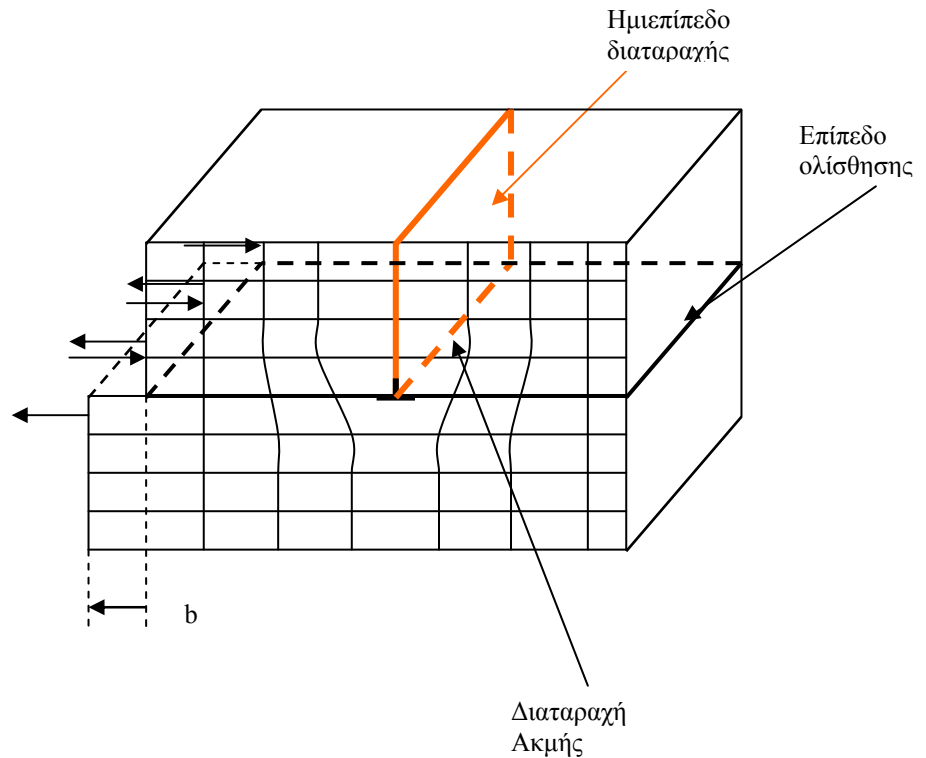
Η διαταραχή αυτή δημιουργείται όταν ένα επίπεδο του κρυστάλλου θεωρηθεί ότι ολισθαίνει πάνω από το γειτονικό του επίπεδο, υπό την επίδραση διατμητικής τάσης που εφαρμόζεται σε αρκετό μήκος. Το επίπεδο αυτό λέγεται **επίπεδο ολίσθησης** και εμπεριέχει την διαταραχή ακμής. Η διεύθυνση της ολίσθησης είναι κάθετη στη γραμμή της διαταραχής, ενώ το επίπεδο της ολίσθησης είναι κάθετο στο ημιεπίπεδο της διαταραχής. Οι θετικές διαταραχές συμβολίζονται με ανάποδο «T» ενώ οι αρνητικές με «T».

Η διαταραχή χαρακτηρίζεται από το **διάνυσμα Burgers (b)**. Το διάνυσμα αυτό δίνει το μέτρο και τη διεύθυνση της ολίσθησης (άρα εφάπτεται του επιπέδου ολίσθησης) και είναι κάθετο στη γραμμή της διαταραχής. Έχει μέτρο την ενδοατομική απόσταση του αδιατάρακτου κρυστάλλου κατά τη διεύθυνση της ολίσθησης.

Η ολίσθηση των δύο τμημάτων του κρυστάλλου κατά μήκος του επιπέδου ολίσθησης δεν πραγματοποιείται με μιας σε όλο το μήκος του επιπέδου ολίσθησης αλλά πραγματοποιείται σιγά σιγά με την μετακίνηση της διαταραχής ακμής (όπως η μετακινούμενη πτυχή ενός χαλιού μπορεί να μετακινήσει ένα χαλί, χωρίς αυτό να συρθεί ολόκληρο πάνω στο πάτωμα). Προφανώς η διαδικασία αυτή απαιτεί πολύ λιγότερη ενέργεια, από εκείνη που θα απαιτούνταν για την μετακίνηση όλων των ατόμων στις δύο πλευρές του επιπέδου ταυτόχρονα. Η τελική ολίσθηση του ενός τμήματος του κρυστάλλου ως προς το άλλο ισούται με b και θα πραγματοποιηθεί με την μετακίνηση της διαταραχής μέχρι το όριο του κρυστάλλου, σε διεύθυνση αντίθετη αυτής του διανύσματος b .

ΣΧΗΜΑ 3.1:

Σχηματική παράσταση διαταραχής ακμής.



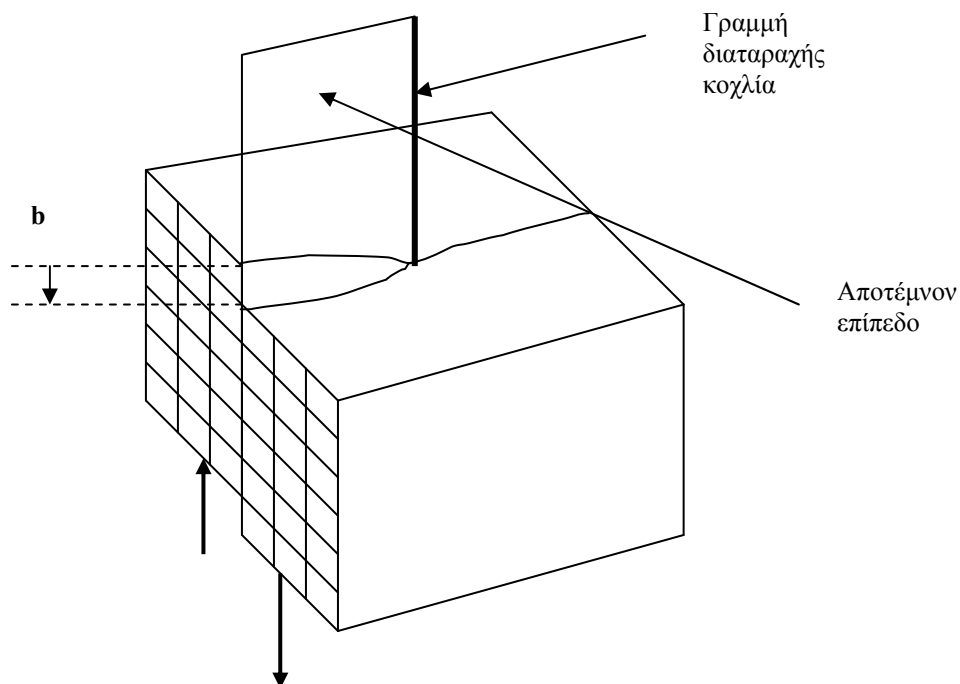
3.3.2. Διαταραχές κοχλία ή ελικοειδείς διαταραχές

Η διαταραχή κοχλία δημιουργείται όταν εφαρμοστεί σε ένα **σημείο** τέλειου κρυστάλλου ζεύγος διατμητικών τάσεων αντίθετης διεύθυνσης με διεύθυνση παράλληλη της διαταραχής. Ο κρύσταλλος χωρίζεται από ένα νοητό ημιεπίπεδο (αποτέμονον επίπεδο) που ορίζεται από τη γραμμή της διαταραχής. Εδώ το διάνυσμα Burgers είναι **παράλληλο** στη γραμμή της διαταραχής.

Ένα αρχικό επίπεδο κάθετο στο αποτέμονον έχει γίνει ελικοειδές επίπεδο μετά την δημιουργία της διαταραχής. Περιστρεφόμενοι γύρω από την διαταραχή σε ένα τέτοιο επίπεδο, σιγά σιγά ανεβαίνουμε επίπεδα, όπως στην περίπτωση ενός κοχλία. Το βήμα του κοχλία στην περίπτωσή μας είναι το διάνυσμα b .

ΣΧΗΜΑ 3.2:

Σχηματική παράσταση
διαταραχής κοχλία.

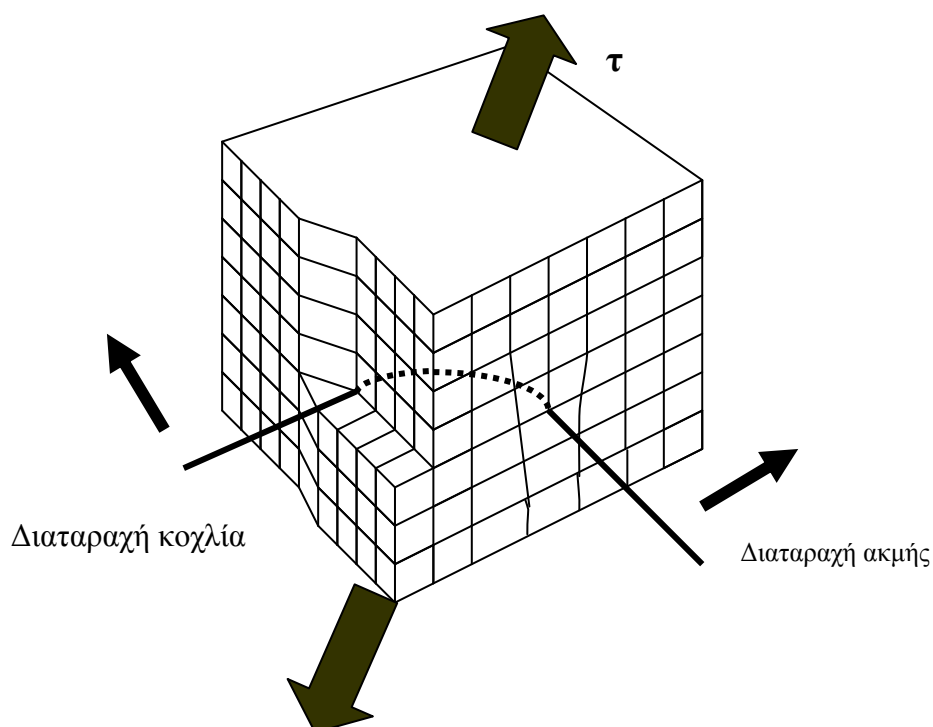


3.3.2. Μικτές Διαταραχές

Αποτελούν συνδυασμό διαταραχής ακμής και διαταραχής κοχλία και συμβαίνουν όταν η διεύθυνση της ολίσθησης σχηματίζει τυχαία γωνία με τη γραμμή της διαταραχής (δεν είναι ούτε κάθετη ούτε παράλληλη, όπως συμβαίνει στους δύο προηγούμενους τύπους διαταραχών). Μία διαταραχή ακμής μπορεί να ενώνεται με μία διαταραχή κοχλία μέσω μιας μικτής διαταραχής. Μέσω της μετακίνησης της συνδυασμένης διαταραχής ολισθαίνουν τα δύο επίπεδα μεταξύ τους.

ΣΧΗΜΑ 3.3:

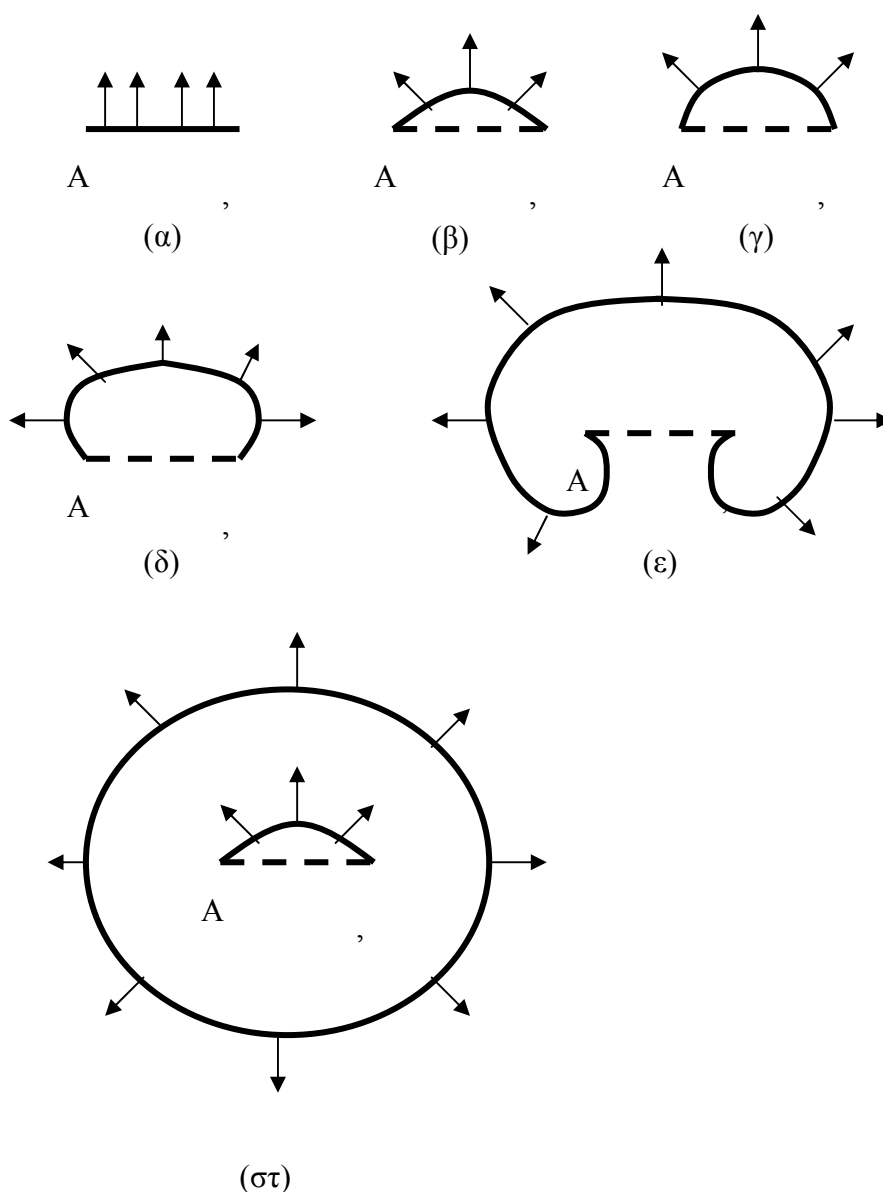
Σχηματική παράσταση
μικτής διαταραχής
ακμής – κοχλία.



3.4 ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΔΙΑΤΑΡΑΧΩΝ

Το πλήθος των παραμορφώσεων δεν δικαιολογεί συνήθως την πυκνότητα των διαταραχών εντός ενός κρυστάλλου. Θα πρέπει να υπάρχουν μηχανισμοί οι οποίοι πολλαπλασιάζουν τις υπάρχουσες διαταραχές. Ένας τέτοιος μηχανισμός (ο σημαντικότερος) είναι ο μηχανισμός Frank-Read. Σύμφωνα με αυτόν, σε μία γραμμή διαταραχής μήκους l είναι δυνατόν να υπάρχουν δύο ακίνητα σημεία A και A' . Αν η γραμμή της διαταραχής υποβληθεί σε διατμητική τάση κάθετη προς την ίδια τη γραμμή και εφαπτόμενη στο επίπεδο ολίσθησης, η γραμμή διαταραχής τείνει να καμπυλωθεί. Με την αύξηση της τάσης εμφανίζονται οι διαδοχικές μορφές της διαταραχής του σχήματος. Οι μορφές της καμπύλης μετά το σχήμα (γ) απαιτούν μικρότερη διατμητική τάση από ότι η θέση (γ), οπότε η κίνηση συνεχίζεται αυτόματα (στη θέση (γ) η τάση παίρνει τη μέγιστη τιμή της). Στη θέση (ε) τα μέρη που πλησιάζουν αλληλοεξουδετερώνονται (αντίθετα διανύσματα Burgers). Στη συνέχεια η διαδικασία επαναλαμβάνεται με την εξωτερική κυκλική διαταραχή να αυξάνεται σε διάμετρο.

ΣΧΗΜΑ 3.4:
Μηχανισμός
πολλαπλασιασμού των
διαταραχών.



3.5 ΑΤΕΛΕΙΕΣ ΔΥΟ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ Ή ΕΠΙΠΕΔΕΣ ΑΤΕΛΕΙΕΣ

Οι ατέλειες δύο διαστάσεων διακρίνονται σε:

- Διαχωριστικές επιφάνειες κόκκων (όρια κόκκων)
- Διδυμίες
- Σφάλματα επιστοίβασης

3.5.1. Όρια κόκκων

Τα κρυσταλλικά υλικά που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι πολυκρυσταλλικά, αποτελούνται δηλαδή από ένα σύνολο μικρών κρυστάλλων, τους κόκκους, οι οποίοι ενώνονται μεταξύ τους μέσω διαχωριστικών επιφανειών, των ορίων τους. Το μέγεθός τους μπορεί να μεταβάλλεται από μικρότερο του ενός μμ έως και μερικά εκατοστά. Η δημιουργία των κόκκων οφείλεται στο γεγονός ότι κατά την πήξη του σώματος, η δημιουργία του κρυστάλλου ξεκινά από διάφορα σημεία εντός του ρευστού. Οι πρώτοι αυτοί μικροκρύσταλλοι, καθώς μεγαλώνουν με την διαδικασία της πήξης, οδηγούν τελικά στη δημιουργία των κόκκων.

Σε κάθε κόκκο ο κρύσταλλος διατηρεί τον δικό του προσανατολισμό. Στα όρια των κόκκων τα άτομα που υπάρχουν βρίσκονται σε ενδιάμεσες των κόμβων θέσεις, διατηρώντας όμως τους υπάρχοντες ατομικούς δεσμούς. Οι κόκκοι δηλαδή βρίσκονται ενωμένοι μεταξύ τους με ατομικούς δεσμούς, παρά την παρουσία της επιφανειακής ατέλειας του ορίου τους.

Η παρουσία των κόκκων με τους διαφορετικούς προσανατολισμούς του κρυσταλλικού πλέγματος οδηγεί στην –γενικά– ισότροπη συμπεριφορά του πολυκρυσταλλικού υλικού (μέσες τιμές ιδιοτήτων από μεγάλο αριθμό κόκκων διαφορετικού προσανατολισμού), σε αντίθεση με τους μονοκρυστάλλους που είναι ανισότροποι.

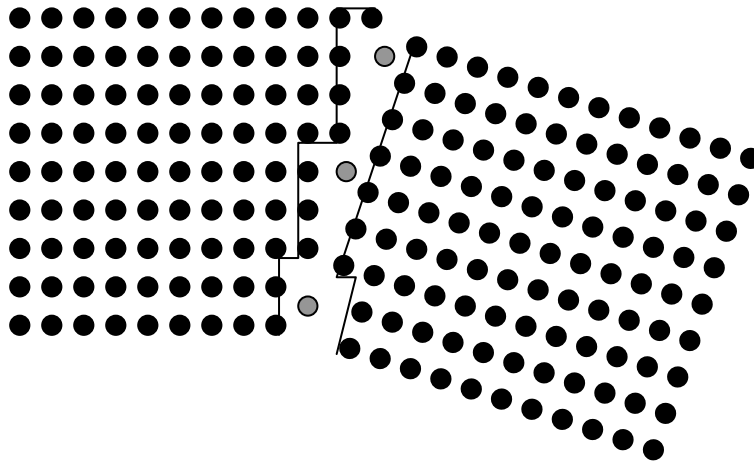
Τα όρια των κόκκων περιλαμβάνουν άτομα υψηλότερης ενέργειας από τα γειτονικά τους (λόγω της παραμόρφωσης της κρυσταλλικής δομής). Το γεγονός αυτό έχει τις ακόλουθες επιπτώσεις:

- Τα όρια των κόκκων υφίστανται ευκολότερα διάβρωση
- Η τήξη των μετάλλων ξεκινά από τα όρια των κόκκων (έχουν σημείο τήξης 15 βαθμούς μικρότερο από τον κύριο κρύσταλλο)
- Διευκολύνουν τη διάχυση των ατόμων
- Αυξάνουν την ηλεκτρική αντίσταση (όπως όλες οι ατέλειες του πλέγματος)
- Συγκρατούν μικροακαθαρσίες κατά τη στερεοποίηση
- Επηρεάζουν δραματικά τη διαδικασία πλαστικής παραμόρφωσης των μετάλλων, τροποποιώντας τις μηχανικές τους ιδιότητες.

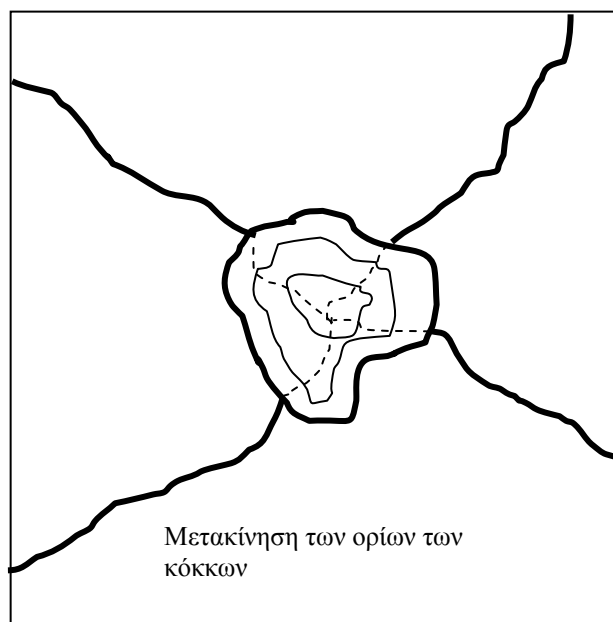
Οι μεγαλύτεροι κόκκοι ενός σώματος έχουν την ιδιότητα να απορροφούν τους μικρότερους γειτονικούς, με την αύξηση της θερμοκρασίας (ευνοείται η διάχυση των ατόμων), μετακινώντας τα όριά τους εντός του μικρότερου κόκκου. Το φαινόμενο επηρεάζεται από τους παρακάτω παράγοντες:

- Αύξηση της θερμοκρασίας (αυξάνεται η κινητικότητα των ατόμων)
- Ανομοιομορφία του μεγέθους των κόκκων (η ομοιομορφία των κόκκων εμποδίζει το φαινόμενο)
- Το μέγεθος των κόκκων (ευνοείται σε λεπτόκοκκα μέταλλα)
- Η παρουσία μικροακαθαρσιών εμποδίζει την συνένωση. Το γεγονός αυτό το εκμεταλλευόμαστε χρησιμοποιώντας κατάλληλες προσθήκες στοιχείων (προσθήκες εκλέπτυνσης), οι οποίες ελέγχουν το μέγεθος των κόκκων μετά από θερμική κατεργασία του μετάλλου.

ΣΧΗΜΑ 3.5: Μορφή των ορίων των κόκκων.



ΣΧΗΜΑ 3.6: Απορρόφηση των μικρότερων κόκκων από τους μεγαλύτερους με την άνοδο της θερμοκρασίας.



3.5.2. Διδυμίες

Παρουσιάζονται όταν ένα μέρος του κρυσταλλικού πλέγματος μετατοπιστεί ως προς το υπόλοιπο (κάτω από την επίδραση τάσης), με τέτοιο τρόπο ώστε τα δύο τμήματα να είναι κατοπτρικά μεταξύ τους. Το κατοπτρικό επίπεδο καλείται επίπεδο διδυμίας.

Προκαλούνται κατά την φάση της δημιουργίας του κρυστάλλου (από την υγρή ή την αέρια φάση ή την ανακρυστάλλωση του στερεού), κατά τη διάρκεια θερμικής κατεργασίας ή κατά την πλαστική παραμόρφωση του υλικού.

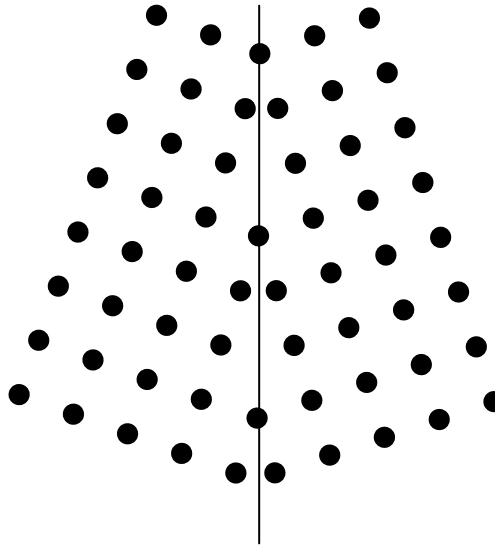
Η διδυμία διαφέρει από την ολίσθηση των επιπέδων. Στην ολίσθηση έχουμε μετακίνηση όλων των ατόμων κατά το ίδιο διάνυσμα (Burgers), το οποίο μπορεί να είναι και πολλαπλάσιο της ενδοατομικής απόστασης (εξαρτάται από το πλήθος των διαδοχικών διαταραχών). Η διεύθυνση του κρυστάλλου δεν μεταβάλλεται. Στην διδυμία, η μετακίνηση των ατόμων εξαρτάται από τη θέση του κάθε ατόμου ως προς το επίπεδο της διδυμίας. Η διεύθυνση του κρυστάλλου μεταβάλλεται.

Αν και οι διδυμίες αφορούν μικρό μέρος του όγκου του κρυστάλλου, παίζουν σημαντικό ρόλο στην πλαστική παραμόρφωση, διότι αυξάνουν τις δυνατές διευθύνσεις και τα δυνατά επίπεδα ολίσθησης με την αλλαγή του προσανατολισμού του πλέγματος. Ο ρόλος τους γίνεται σημαντικότερος στις δομές με λίγα επίπεδα ολίσθησης (όπως η δομή hcp η οποία έχει τα λιγότερα επίπεδα μέγιστης πυκνότητας).

Χαρακτηριστική περίπτωση δημιουργίας διδυμιών είναι κατά την ψυχρή κάμψη ράβδου κασσιτέρου, όπου ακούγεται χαρακτηριστικός ήχος (κλάμα ή κραυγή του Κασσιτέρου), ο οποίος οφείλεται στα ελαστικά κύμματα που δημιουργούνται κατά το σχηματισμό μικρών διδυμιών.

ΣΧΗΜΑ 3.7:

Σχηματική παράσταση διδυμίας.



3.5.3. Σφάλματα Επιστοιίβασης

Είναι οι ατέλειες που δημιουργούνται κατά την μη προβλεπόμενη διαδοχή των επιπέδων της κρυσταλλικής δομής, κατά μήκος μιας κρυσταλλογραφικής διεύθυνσης.

Έτσι στις δομές fcc και hcp, όπου έχουμε τη διαδοχή ABCABC και ABABAB αντίστοιχα, τα σφάλματα επιστοιίβασης εμφανίζονται με διαταραχή στην παραπάνω αλληλουχία των επιπέδων. Στο hcp μπορεί να γίνει με τρεις τρόπους:

- με τη δημιουργία δύο συνεχόμενων διδυμιών, ή με τη μετακίνηση ενός τμήματος του κρυστάλλου ως προς το υπόλοιπο, ή με την αφαίρεση ενός επιπέδου (δομή ABCA CABC) (ενδογενές σφάλμα)
- δημιουργία δύο διδυμιών από μη διαδοχικά επίπεδα ή διείσδυση ενός επιπέδου μεταξύ δύο άλλων (δομή ABC C BCABC) (εξωγενές σφάλμα)
- με την ολίσθηση τμήματος του κρυστάλλου μεταξύ δύο επιπέδων.

3.6 ΑΤΕΛΕΙΕΣ ΤΡΙΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ

Στις ατέλειες αυτές, τμήμα του όγκου του κρυστάλλου αντικαθίσταται από διαφορετικό υλικό. Διακρίνονται σε:

- **Κατακρημνίσματα** (μικρού μεγέθους ενώσεις του μητρικού στοιχείου με στοιχείο κραμάτωσης). Το κρυσταλλικό πλέγμα μπορεί να παρουσιάζει μερική ή πλήρη συνέχεια, ή να είναι πλήρως ασυνεχές.
- **Εγκλείσματα** (ακαθαρσίες που προήλθαν από τη διαδικασία παραγωγής).
- **Πόροι** (κενά αέρα εντός του μετάλλου)

- **Ρωγμές** (ασυνέχειες στη δομή του μετάλλου)

Οι δύο τελευταίες ατέλειες επηρεάζουν σημαντικά την αντοχή του μετάλλου, όπως θα φανεί σε επόμενα κεφάλαια.