

טיפולים תרמיים באלומיניום

אפשר להרפות אפשר להקשות אפשר לחסם ואפשר גם לא...הכל תלוי בנתך !

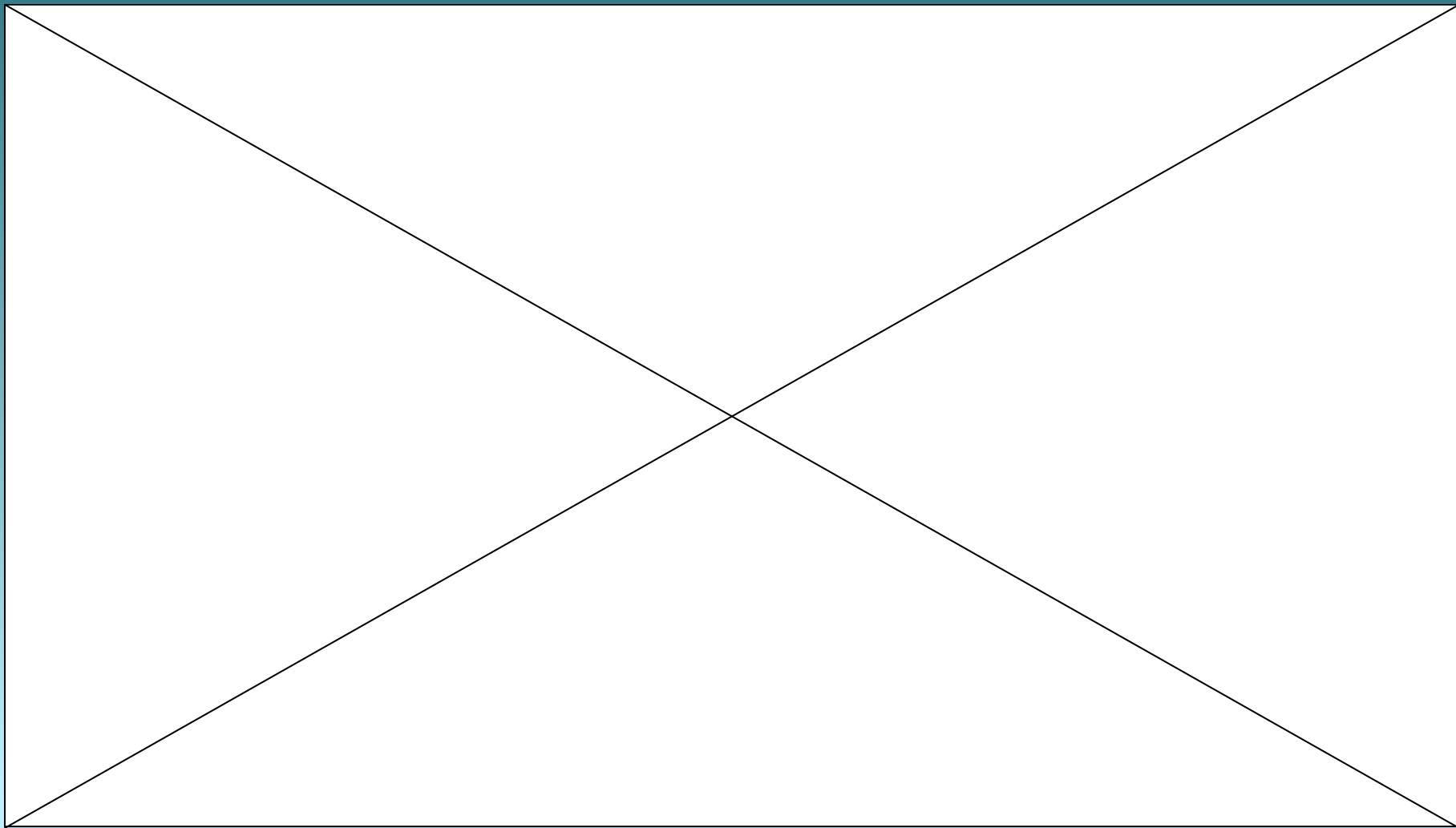


2017

מה בתוכנית

- הפקת אלומיניום סרטון
- עובדות בסיסיות (נגיעות מטלורגיות)
- על המתרחש בתוך הסגסוגת
- השפעת חומרי הסגסוג
- מיון קבוצות הסגסוג
- ריפוי
- המסה / צינור
- זיקון מלאכותי/ טבעי

איך מפיקים אלומיניום...

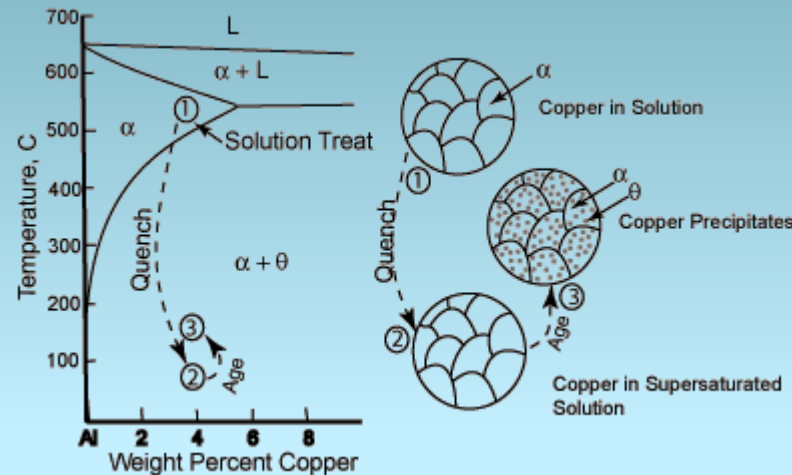


קצת עובדות בסיסיות

- אלומיניום כמתכת טהורה לא ניתן לטיפול תרמי להקשייה אלא לצרכי ריפוי בלבד.
- היות ובסגסוגות אלומיניום יש יותר מ- 90% אלומיניום ההשפעה על התנהגותה תהיה ניכרת
- האלומיניום הטהור בעל מבנה FCC
- אם עליה בטמפרטורה המבנה הגבישי לא משתנה (אין תופעה אלוטרופית כמו בברזל פחמן)
- הטיפול התרמי של אלומיניום מבוסס על שינוי המסיסות של המתכת המוספת בתמיסה מוצקה אם עליית הטמפרטורה.

קצת עובדות בסיסיות

- לאלומיניום יש את התכונה לקלוט במבנה הגבישי שלה אטומים של מתכות אחרות
- כתוצאה מהחלפת האטומים של האלומיניום במתכת המוספת נוצרים עיוותים ומאמצים פנימיים בסריג שגודלם יחסי לריכוז המתכת המוספת
- מאמצים אלו מגבילים את ההתמוססות של המתכת המוספת או מה שנקרא- גבול ההתמוססות בטמפ. אמבינטית



©

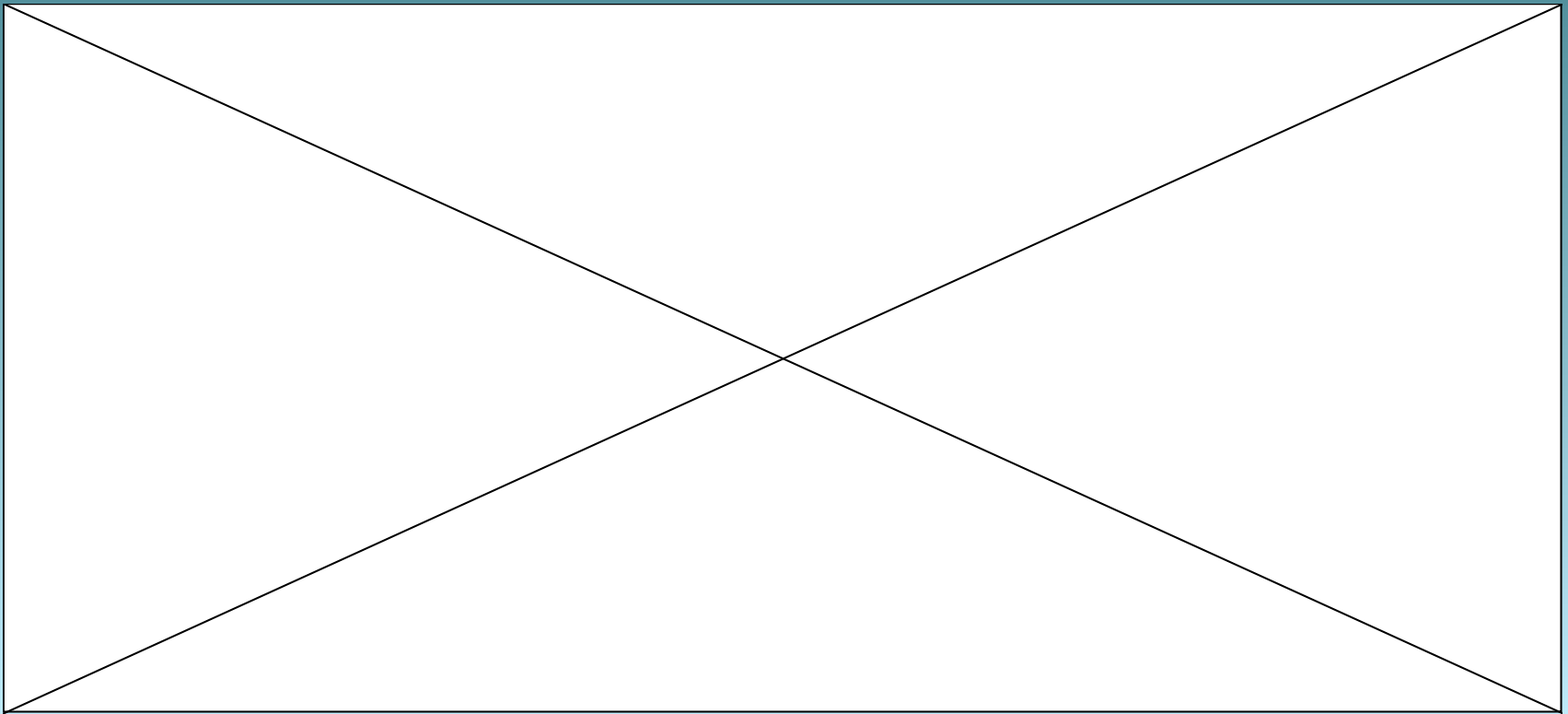
קצת עובדות בסיסיות

- עבור אלומיניום גבול ההתמוססות בתמיסה מוצקה ישתנה כפונקציה של גודל האטומים של המתכת המוספת
- אם עליית הטמפרטורה גדל הכושר של האלומיניום לייצר תמיסות מוצקות (גדלה ההתמוססות של המתכת המוספת)
- דוגמאות :

האלמנט המסגסג	ריכוז	טמפרטורה	ריכוז	טמפרטורה אוטקטית
צורן <i>si</i>	0.05%	250	1.65%	577
נחושת <i>cu</i>	0.20%	200	5.65%	548
מגנסיום <i>mg</i>	2.95%	150	14.90%	451
מנגן <i>mn</i>	0.36%	500	1.82%	658
אבץ <i>zn</i>	12.4%	200	82.8%	382

קצת עובדות בסיסיות

- בסגסוגות מעשיות יש יותר מאלמנט מסגסג אחד והמסיסות של המסגסג הראשי יורדת עקב כך

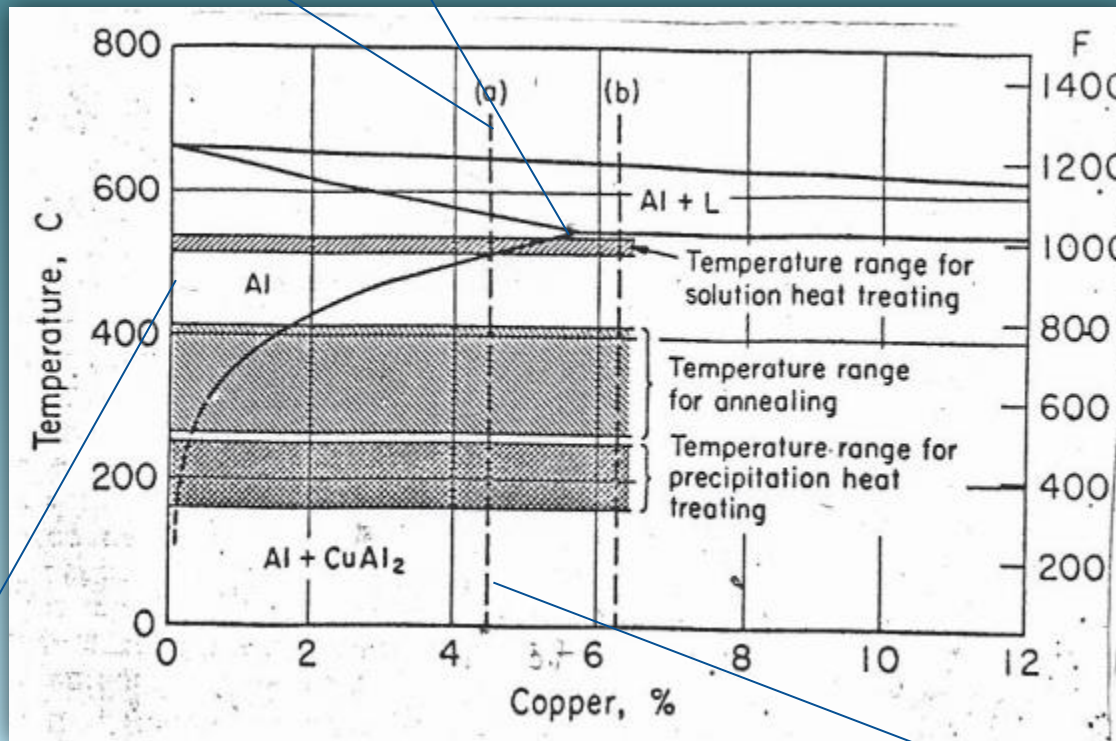


קצת עובדות בסיסיות דיאגרמת הפאזות אלומיניום נחושת

ע"י הורדת הטמפ. תרד ההתמוססות של הנחושת והתמיסה האחידה תהפוך לתמיסה רווית יתר. נוצרת התבדלות עודף המתכת העוברת את גבול ההתמוססות המקסימלית אליה הגיע בזמן הקירור. הכוחות שגורמים להתבדלות גדלים עם הרוויה את התמיסה שנוצרה ב 500° ניתן לשמר בטמפ. החדר ע"י צינון מהיר. ההתבדלות גורמת לעליה בתכונות מכניות

התמוססות מקסימלית של נחושת באלומיניום 5.7% נק. אוטקטית 548°

ריכוז 4.5% נחושת- 2024

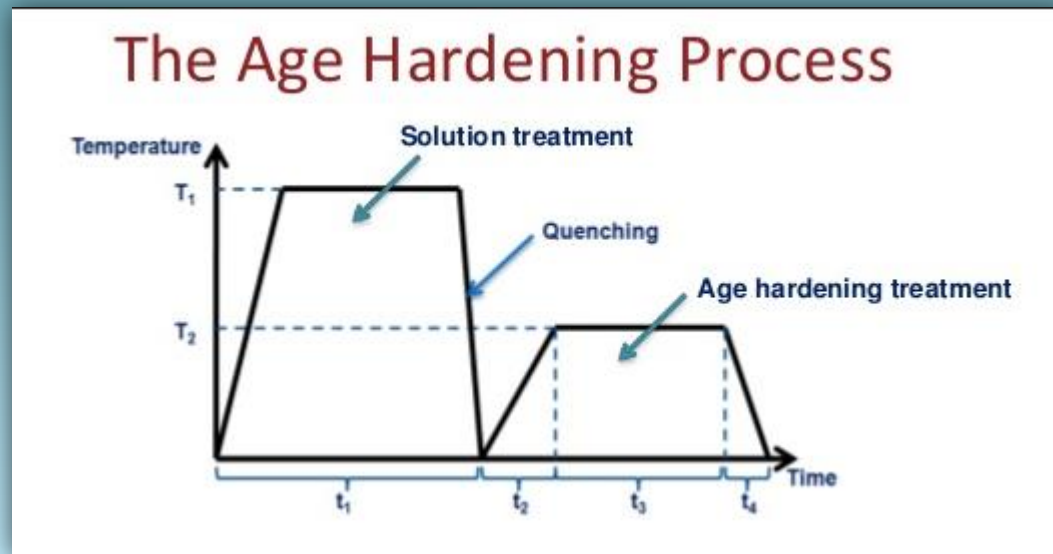


טמפרטורה של 500° מספיקה, שכל הנחושת תתמוסס באלומיניום ונקבל תמיסה מוצקה במידה וזמן השהייה מספיק ארוך נקבל תמיסה מוצקה אחידה של אלומיניום נחושת

שיפור התכונות המכניות מתחיל מיד בטמפ. החדר בתום הצינון. תופעה זו ידועה בשם זיקון טבעי

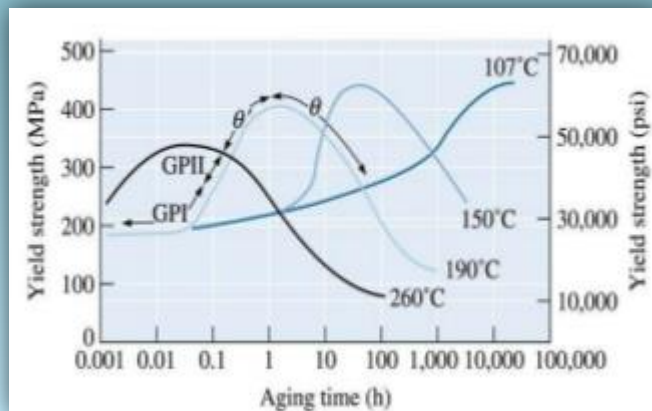
קצת עובדות בסיסיות - זיקון

- קצב ההזדקנות (סגרגציה-הפרדה) בטמפ. החדר הוא פונקציה של ההרכב הכימי.
- חימום נוסף של המסג לטמפ. לא גבוהה משיגים שיפור נוסף של תכונות מכניות, תופעה הקרויה- זיקון מלאכותי



קצת עובדות בסיסיות - זיקון

- מה ההבדל בין זיקון טבעי למלאכותי ?
- כתוצאה מזיקון טבעי קיימת עליה רציפה בתכונות המכניות
- כתוצאה מזיקון מלאכותי התכונות עולות עד גבול מסוים בלבד
- כתלות ביחס בין טמפרטורה וזמן ולאחר מכן מגלות ירידה!
- בקטע בדיאגרמה, עבור אותה טמפרטורה שבה התכונות המכניות מתחילות לרדת עם זמן השהייה אנחנו נחשפים לזיקון יתר (OVERAGING



מה מתרחש בתוך הסגסוגת ?

- אחרי המסה בטמפ. החדר נוצרים אזורי הפרדה (סגרגציה) של המתכת המוספת בתוך התמיסה המוצקה.
- אזורים אלו ידועים בשם GP (Guinier Preston)
- היווצרותם מושפעת מהעדרויות ברשת הסריג של האלומיניום.
- אזורים אלו מייצרים עיוותים ברשת הבסיסית של האלומיניום וכתוצאה מכך נבלמת תזוזת הנקעים (דיסלוקציה)
- זה מתבטא בעליית התכונות המכניות של הסגסוגת

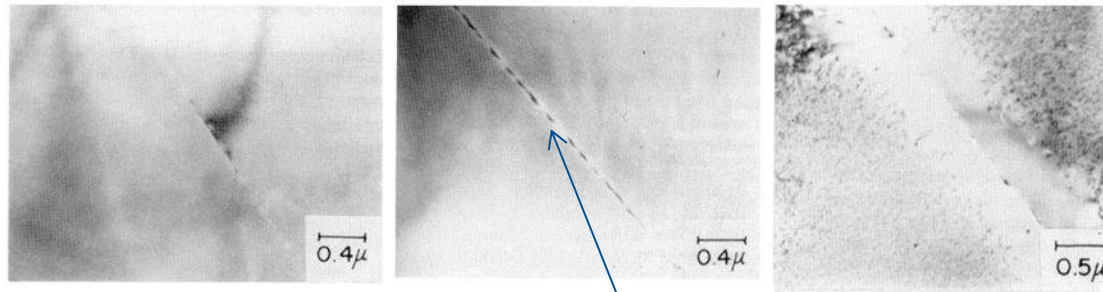
מה מתרחש בתוך הסגסוגת ?



West Virginia University

Al-Zn-Mg-Cu Alloys – 7000 Series

Microstructure



Al-5Zn-2Mg alloy (a) 5d/20C+48h/120C, GP Zone only
(b) 16h/80C + 24h/150C, GP + η'
(c) 24h/150C, η'

Mechanical & Aerospace Engineering

©

אלי יודקביץ יולי 2017

מה מתרחש בתוך הסגסוגת ?

- במידה ונחמם אחרי המסה, לזיקון מלאכותי, אזורי GP יהפכו לחלקיקים נבדלים עם מבנה גבישי שונה מהתמיסה המוצקה
- במישורי הקשר ביניהם למבנה הבסיסי נוצרים מאמצים בתחום האלסטיות.
- מאמצים אלו ועוותי הסריג כתוצאה מהתבדלות גורמים לעליה נוספת בתכונות כאשר נבלמת הדיסלוקציה.
- אם עליה בזמן השהייה נעבור לאזור זיקון יתר
- הגבישים הנבדלים גדלים והופכים לגסים .
- העליה הנוספת במאמצי הקשר בין הגבישים לרשת הבסיסית גורמת לניתוקם ממנה
- התוצאה- העלמות המאמצים על מישורי הקשר, הקטנת הפיזור בגלל גודלם וירידה בתכונות המכניות. (הירידה ביחס ישר לזמן)

הטבלה המחזורית

1 IA	New Original																18 VIIIA	
1 H 1.00794																	2 He 4.002602	
3 Li 6.941	4 Be 9.012182											13 B 10.811	14 C 12.0107	15 N 14.00674	16 O 15.9994	17 F 18.9984032	18 Ne 20.1797	
11 Na 22.989770	12 Mg 24.3050	3 IIIB	4 IVB	5 VB	6 VIB	7 VIIB	8	9 VIII B	10	11 IB	12 IIB	13 Al 26.981538	14 Si 28.0855	15 P 30.973761	16 S 32.066	17 Cl 35.453	18 Ar 39.948	
19 K 39.0983	20 Ca 40.078	21 Sc 44.955910	22 Ti 47.887	23 V 50.9415	24 Cr 51.9961	25 Mn 54.938049	26 Fe 55.8457	27 Co 58.933200	28 Ni 58.6934	29 Cu 63.546	30 Zn 65.409	31 Ga 69.723	32 Ge 72.64	33 As 74.92160	34 Se 78.96	35 Br 79.904	36 Kr 83.798	
37 Rb 85.4678	38 Sr 87.62	39 Y 88.90585	40 Zr 91.224	41 Nb 92.90638	42 Mo 95.94	43 Tc (98)	44 Ru 101.07	45 Rh 102.90550	46 Pd 106.42	47 Ag 107.8682	48 Cd 112.411	49 In 114.818	50 Sn 118.710	51 Sb 121.760	52 Te 127.60	53 I 126.90447	54 Xe 131.293	
55 Cs 132.90545	56 Ba 137.327	57 to 71		72 Hf 178.49	73 Ta 180.9479	74 W 183.84	75 Re 186.207	76 Os 190.23	77 Ir 192.217	78 Pt 195.078	79 Au 196.96655	80 Hg 200.59	81 Tl 204.3833	82 Pb 207.2	83 Bi 208.98038	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)
87 Fr (223)	88 Ra (226)	89 to 103		104 Rf (261)	105 Db (262)	106 Sg (266)	107 Bh (264)	108 Hs (269)	109 Mt (268)	110 Ds (271)	111 Rg (272)	112 Uub (285)	113 Uut (284)	114 Uuq (289)	115 Uup (288)	116 Uuh (292)	117 Uus (293)	118 Uuo (294)

Atomic masses in parentheses are those of the most stable or common isotope.

Design Copyright © 1997 Michael Dayah (michael@dayah.com), <http://www.dayah.com/periodic/>

Note: The subgroup numbers 1-18 were adopted in 1984 by the International Union of Pure and Applied Chemistry. The names of elements 112-118 are the Latin equivalents of those numbers.

57 La 138.9055	58 Ce 140.118	59 Pr 140.90765	60 Nd 144.24	61 Pm (145)	62 Sm 150.36	63 Eu 151.964	64 Gd 157.25	65 Tb 158.92534	66 Dy 162.500	67 Ho 164.93032	68 Er 167.259	69 Tm 168.93421	70 Yb 173.04	71 Lu 174.967
89 Ac (227)	90 Th 232.0381	91 Pa 231.03688	92 U 238.02891	93 Np (237)	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (252)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (259)	103 Lr (262)

השפעת חומרי הסגסוג

- נחושת 2XXX – מספקת חוזק גבוהה, מאפשרת ט.ת, לא טובה לריתוך אוטוגני בגלל רגישות לסדקים בחום, יוצאים מהכלל 2014 ו 2219.
- מנגן 3XXX – בינוניות בחוזק, לא מיועדת לשימושים סטרקטוראליים, מצויין לריתוך. לא ניתן לטיפול.
- סיליקון 4XXX – מוריד את נקי ההיתוך של האלומיניום ומשפר את המשיכיות. טוב לריתוך, לא ניתן לט.ת, 4047 הפך לנתך מקובל בתעשיית הרכב בגלל משיכותו ויכולת ההלחמה והריתוך שלו.
- מגנסיום 5XXX – משפר את יכולת הריתוך באיבוד מינימלי של חוזק. לא נוטה לסדקים בטמפרטורה, בעל החוזק הגבוהה ביותר מבין הלא ניתנות לט.ת. מתנגד מצויין לקורוזיה, טוב למשימות סטרקטוראליות.

השפעת חומרי הסגסוג

- מגנסיום+סיליקון 6XXX - מייצר נתך בחוזק בינוני, מאפשר ט.ת. רתיך לנתכי 5XXX ו 4XXX ולעצמו ללא בעיות סדיקות, מצויין לצנרת מעבר אוויר.
- אבץ 7XXX – מוסף לאלומיניום עם מגנסיום ונחושת ומייצר את הנתך המטופל תרמית בעל החוזק הגבוהה ביותר. מאד שימושי בתעשיית התעופה. אפשר לרתך אבל בסיכון גבוהה לסדקים (7005,7039 גם עם 5XXX)
- אלמנטים אחרים 8XXX – ליתיום ואחרים, לא ניתנת לריתוך, נותנת קשיחות טובה משמשת בתעופה.
- אלומיניום טהור 1XXX – לא ניתנת לט.ת, עומדת בצורה עילאית בסביבה קורוזיבית, בעלת מוליכות חשמלית מצויינת, ניתנת לריתוך.

השפעת חומרי הסגסוג

- יש אלמנטים נוספים משניים שמסוגסגים לאלומיניום שכוללים ברזל, כרום, וונדיום, זיכרוניום, ניקל, וטיטניום. האלמנטים המשניים הללו משפרים את ההתנגדות לקורוזיה, מעלים את החוזק ומשפרים את יכולת הטיפול התרמי. דוגמא :

Element (%)	Alloy
	7075
Zn	5.10 - 6.10
Mg	2.10 - 2.90
Cu	1.20 - 2.00
Cr	0.18 - 0.28
Fe	0.50 (Max.)
Si	0.40 (Max.)
Mn	0.30 (Max.)
Ti	0.20 (Max.)
Others	0.05 (Max.) each 0.15 (Max.) total
Remainder	Aluminium

מיון קבוצת הסגסוגות

המסגסגים העיקריים	הקבוצה המוגדרת
לא מסוגסגת	1xxx
עס- <i>cu, li</i> ,	2xxx
עס- <i>mn</i>	3xxx
עס- <i>si</i>	4xxx
עס- <i>mg</i>	5xxx
עס- <i>si+mg</i>	6xxx
עס- <i>zn</i>	7xxx
עס שונות	8xxx

- לפי הסטנדרד האמריקאי 8 קבוצות של סגסוגות :
- הסגסוגות 8XXX, 7XXX, 6XXX, 2XXX ניתנות לטיפול תרמי
- הסגסוגות 5XXX, 4XXX, 3XXX, 1XXX אינן ניתנות לטיפול

למה כן/לא ניתנות לטיפול תרמי

- כבר אמרנו, שהבסיס לטיפול תרמי הוא השתנות ההתמוססות של המתכת המוספת בתוך התמיסה המוצקה ביחס לטמפרטורה!
- כל המתכות שהשתנות ההתמוססות שלהן אם הטמפרטורה אינה ניכרת לא ניתנות לט.ת.
- היוצא מהכלל קבוצת ה $5XXX (Al+Mg)$, למרות שהשתנות התמוססות המגנסיום אם עליית הטמפרטורה באלומיניום ניכרת, עדיין כמויות המגנסיום קטנות יחסית עד 5% (זאת על מנת לאפשר עיצוב פלסטי שבכמויות גדולות אינו מתאפשר)
- לנתך יציקה עם 10% מגנסיום ניתן לבצע ט.ת בקלות....

סימולי מצב טיפול תרמי

Aluminum Association לפי -

סימון	הסבר
F	כפי שמיוצר ללא בקרה מיוחדת על חוזק או מצב תרמי מדויק
O	מצב רך, למוצרים מאובדים בלבד. (wrought products)
W	מצב מטופל תרמית בטמפ. החדר אחרי הצינון, לפני ייצוב (צריך לציין לידו את הזמן שעבר מהצינון)
T	מטופל תרמית למצב יציב השונה מ-F ו-O עם או בלי תוספת עבודה קרה.
T1	הזדקן בטבעיות למצב יציב
T2	מצב מורפה – למוצרים יצוקים בלבד
T3	עבר המסה + עיבוד בקור והזדקן בטבעיות למצב יציב

סימולי מצב טיפול תרמי

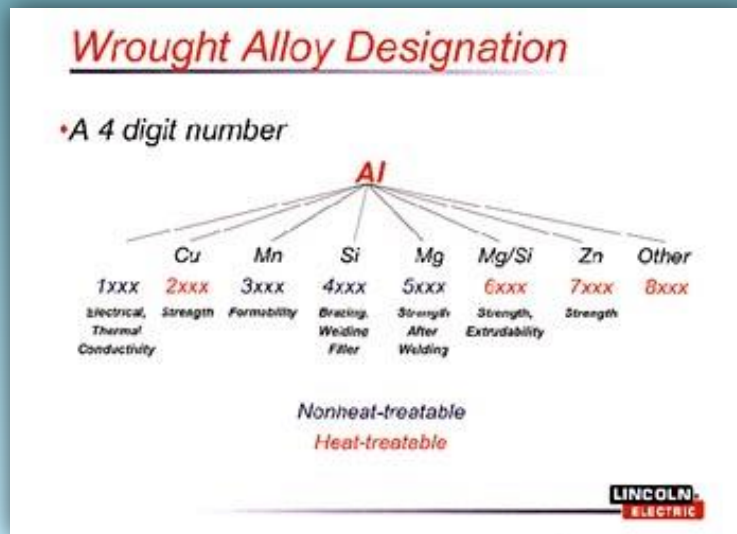
Aluminum Association לפי -

סימון	הסבר
T4	עבר טיפול המסה והזדקן בטבעיות למצב יציב
T5	זוקן מלאכותית בלבד
T6	עבר טיפול המסה וזוקן מלאכותית
T7	עבר טיפול המסה וזיקון יתר
T8	עבר טיפול המסה + עיבוד בקר וזוקן מלאכותית
T9	עבר המסה זוקן מלאכותית ועבר עבודה קרה (משפר חוזק)
T10	זוקן מלאכותית ועבר עבודה קרה (יציקות ושחילים)

סימולי מצב טיפול תרמי

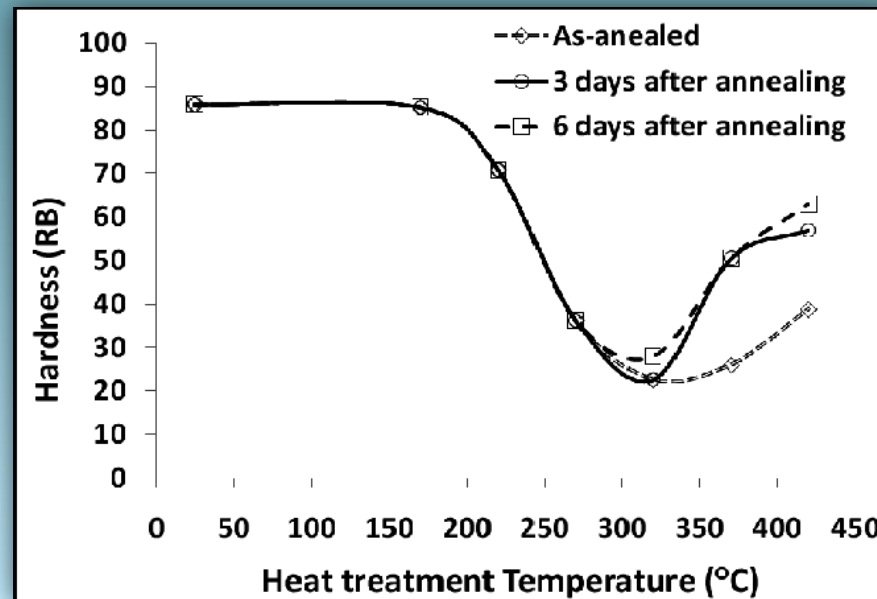
Aluminum Association - לפי

- המצב :
- TX51.... מצביע על שיחרור מאמצים באמצעות מתיחה.
- ישים למוצרים שעברו שיחרור מאמצים ע"י מתיחה בכמות מסויימת אחרי טיפול המסה- פלטה 0.5-3% , מוטות 1-3%



ריפוי

- מבוצע לכל הנתכים, גם למטופלים וגם לאלו שלא
- משחרר מהקשיית מעוותים אחרי עיצוב בכל מצב תרמי
- הריפוי יהיה שונה לאלו שמטופלות ולאן שלא, מאחר והמנגנון הגורם לירידה בקושי שונה.



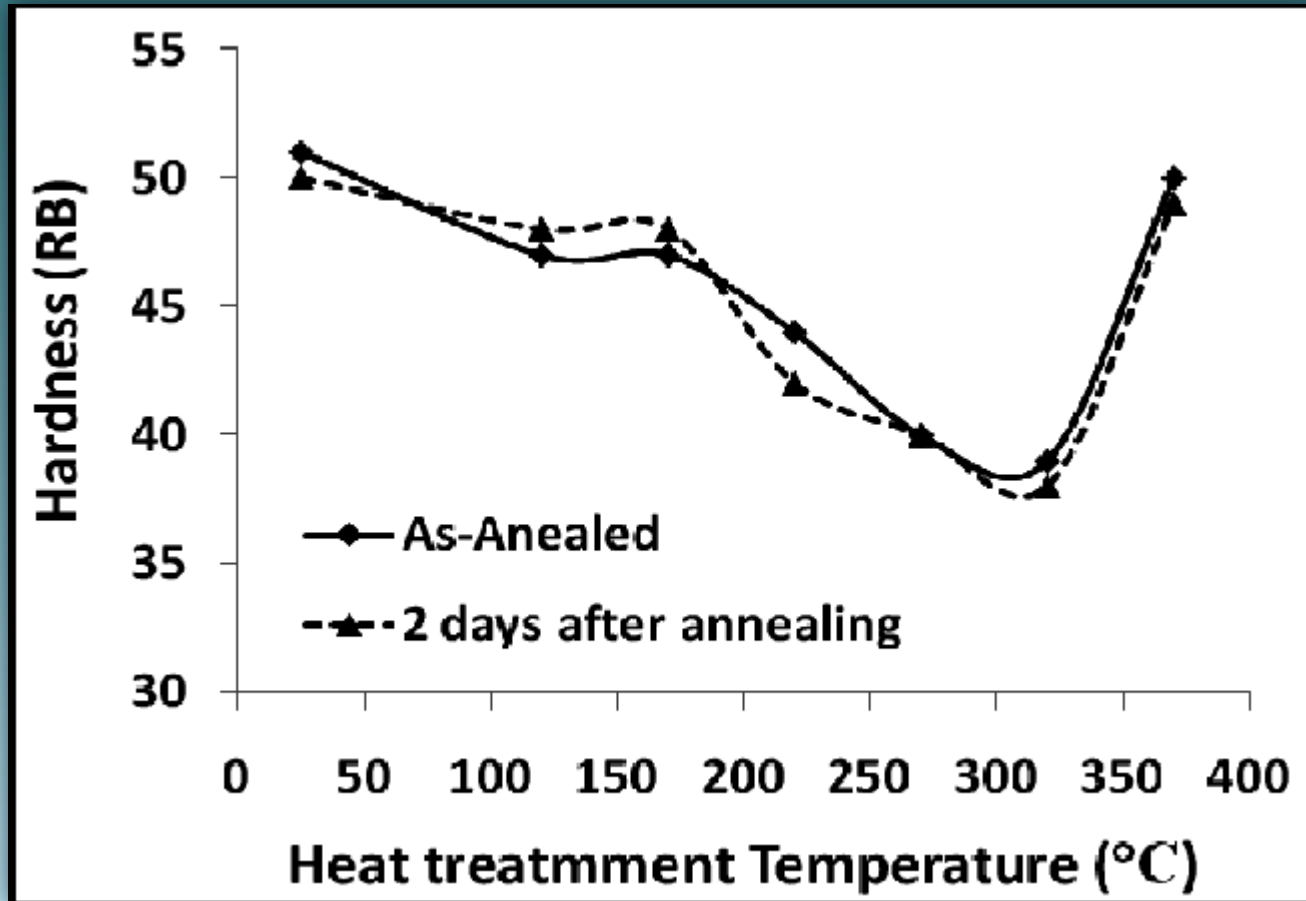
ריפוי בסגסוגות שלא ניתנות ל-ט.ט.ת.

- בזמן הריפוי מתרחש גיבוש מחדש של המבנה הגבישי
- חוזר למבנה שהיה לפני העיצוב
- נעלמים העיוותים והקטנת הגבישים מונעת מאמצים שהיו אחרי העיצוב
- הטמפרטורה המקובלת $340-400^{\circ} \text{C}$.
- זמן שהייה תלוי בעובי המוצר, אך לא פחות מ 45 דק'
- קירור חופשי באוויר

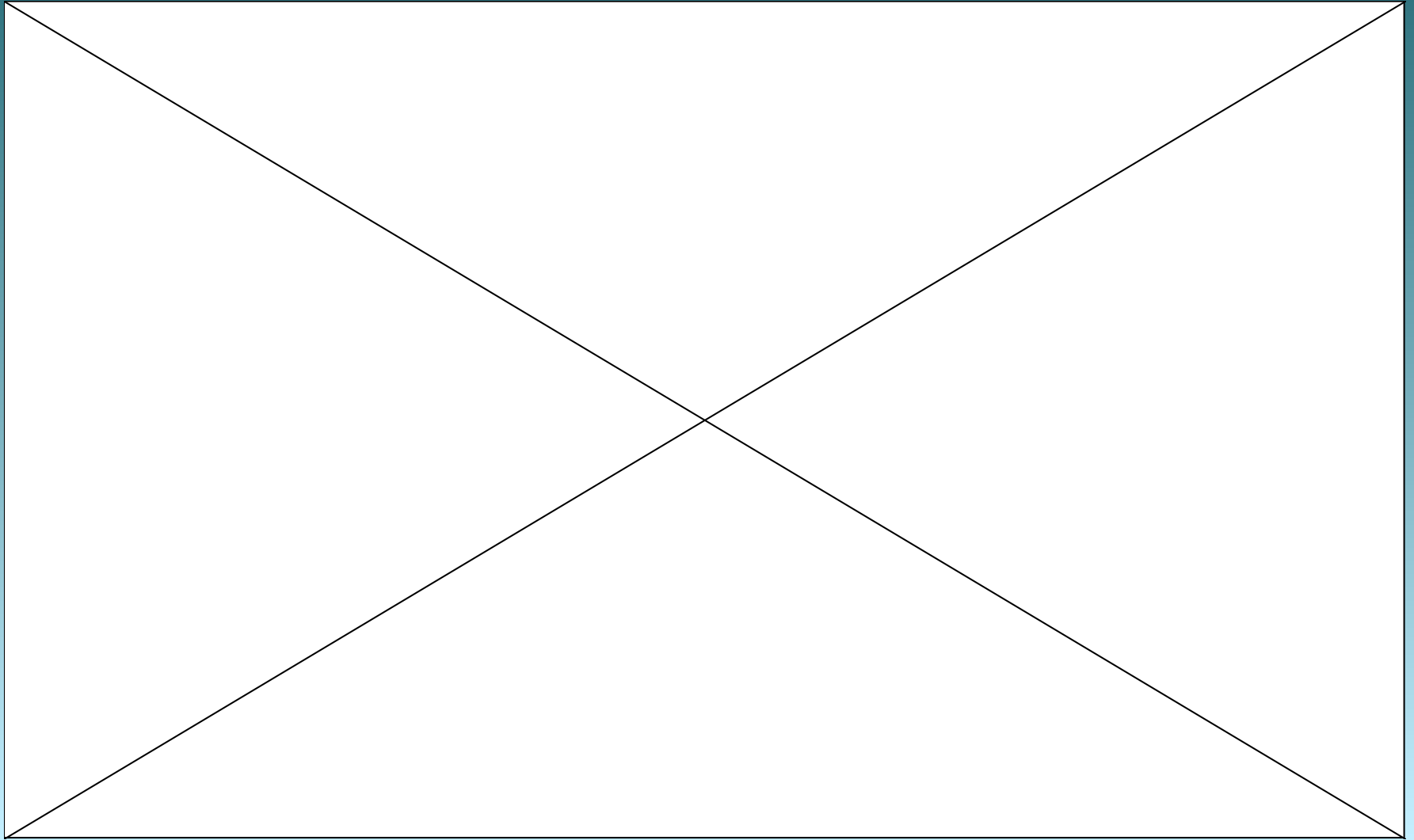
ריפוי בסגסוגות שניתנות ל-ט.ת.

- עבור סגסוגות במצב "O" ו "F" שעברו עיצוב בקור מבצעים טיפול שיחרור מאמצים (stress relief annealing)
- במקרה זה התופעות שמתרחשות זהות לטיפול לסגסוגות שלא ניתנות לט.ת.
- הטמפ. – 340°C 30-60 דק'
- לסגסוגות במצב "W", T3, T4, T6 מבצעים תהליך הנקרא ריפוי מלא
- טמפ. הריפוי תהיה 410°C למשך כ 2 ש' קירור בתנור עד לטמפ. 260°C בקצב מירבי של 28 מעלות לשעה.
- ירידת הקושי היא תוצאה של התבדלות מלאה של הגבישים הגסים בעקבותיה ירידה דרסטית של ריכוז המתכת המוספת בתמיסה המוצקה.

ריפוי בסגסוגות שניתנות ל-ט.ט.



טיפול המסה – הסיפור ההיסטורי



טיפול המסה

- מה שאנחנו מסמנים ב- W .
- הטיפול עצמו אינו גורם עדיין לשיפור בתכונות !
- מחממים קרוב לטמפ. אוטקטית ~ 490°C , משהים לזמן מסוים כפונקציה של העובי, ומצננים במהירות במים או בסביבת גליקול בטמפ. קורבה לאמביינט.
- מתקבלת בטמפ. החדר תמיסה מוצקה רווית יתר עם ריכוז מקסימלי של המתכת המוספת בתמיסה המוצקה.



©

טיפול המסה

- כאשר בוחרים את הטמפ. של ההמסה חשוב לא להגיע לטמפ. האוטקטית כי יופיעו נקי של מתכת מותכת בגבול הגרעין עם השפעות שליליות על התכונות המכניות ועמידה בקורוזיה.
- מסיבה זו תחום טמפרטורת ההמסה מאד קטן, וקיימת דרישה מהתנורים לאחידות טמפרטורה חמורות.
- בהמסה אחרי עיצוב קר/חם, זמן החימום הוא גורם חשוב בגלל שקיימת תופעה של גיבוש מחדש עם מגמה של גידול גרעין כאשר קצב החימום איטי (RAMP UP TIME).
- ממולץ להשתמש באמבט מלח בגלל האחידות וקצב החימום המהיר.

טיפול המסה - צינון

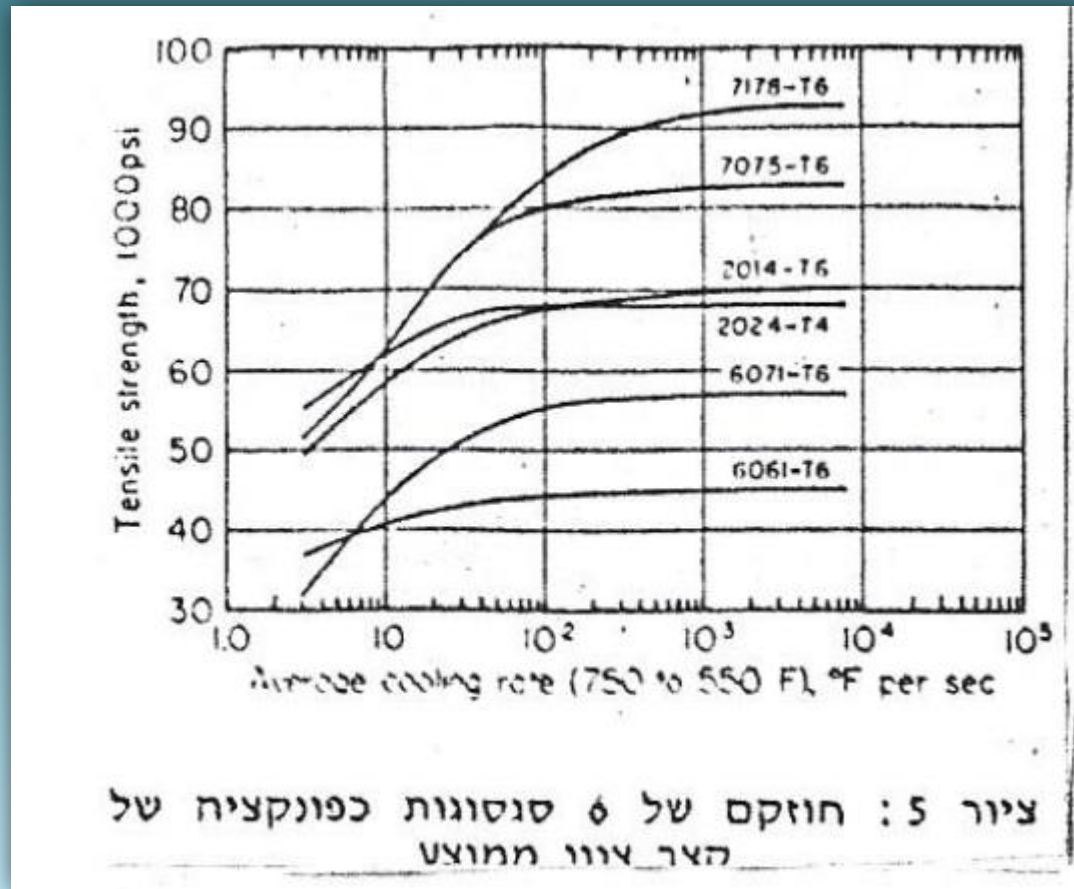
- זמן השהייה בטמפ. ההמסה תלוי בגודל החלקיקים /עובי כדי להבטיח המסה מלאה ואחידה
- הצינון הוא גורם קריטי כי מאופן הביצוע שלו נקבעות התכונות הסופיות.
- קצב הצינון משפיע על :
 - תכונות מכניות של הסגסוגת
 - העמידה בקורוזיה וסוג הקורוזיה המתקיפה
 - העיוותים והמאמצים השיוריים
- התכונות המכניות ישתפרו, בעליה בקצב הצינון (עד ערך מסוים בלבד לשימור התמיסה הרוויה, שמעבר לו אין השפעה).

טיפול המסה - צינון

- במידה וקצב הצינון מהיר כנדרש מושגת המטרה
- בקצב לא מספק (איטי) מתחילה התבדלות לפני ההגעה לטמפ. החדר. ההתבדלות מופיעה בגבולות הגרעין בגלל שבגבולות יש אי רציפות חמורה יותר של הרשת הגבישית מאשר בסריג.
- ההתבדלות הזאת לפני שהגענו לטמפ. החדר בעלת השפעה רעה על התכונות המכניות ב T4 ו T6 בגלל הקטנת הכמות של המתכת המוספת הנשארת להתבדל בשלבים מאוחרים של הזיקון הטבעי והמלאכותי.

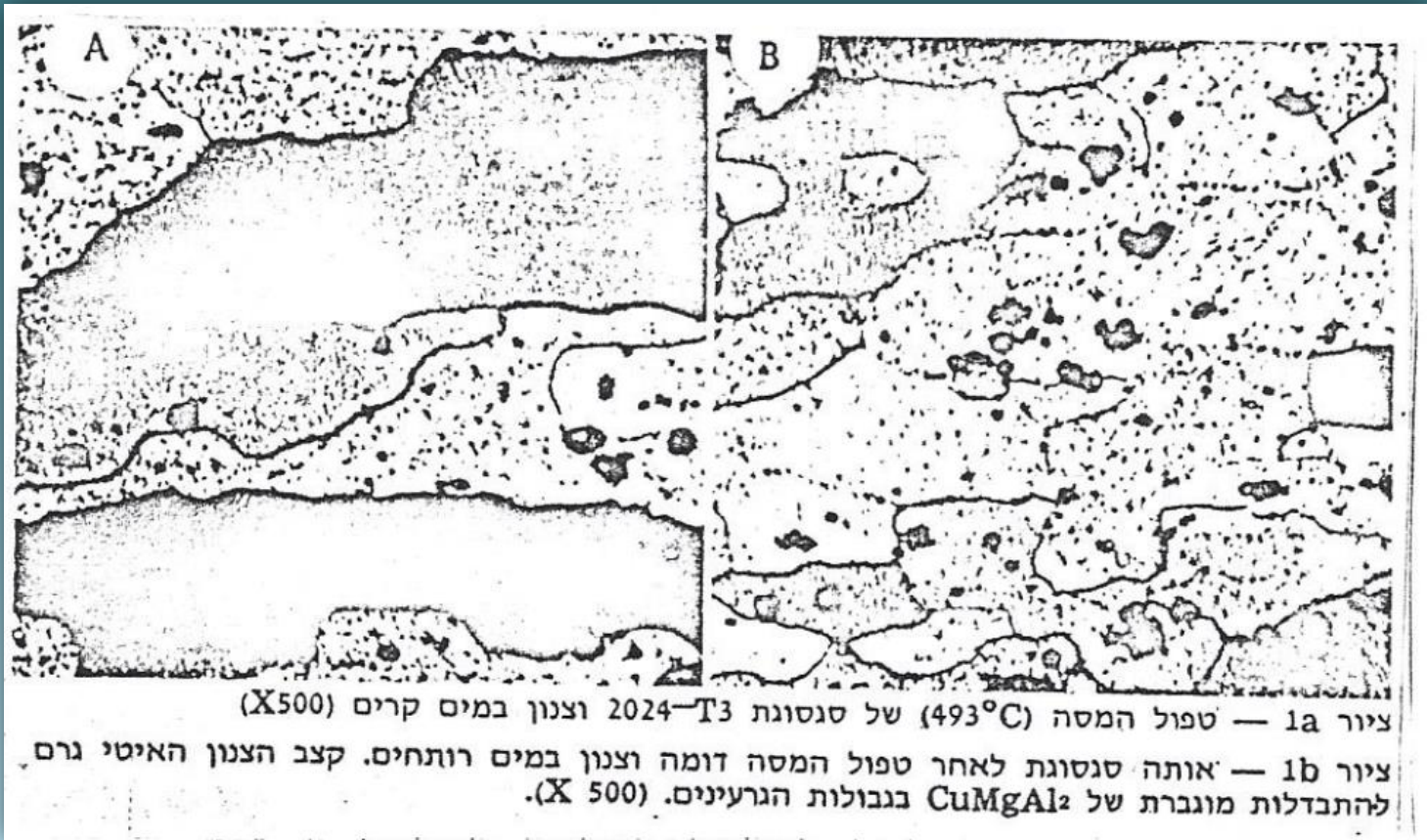
טיפול המסה-צינון

חוזק כפונקציה של קצב הקירור במעלות לשניה



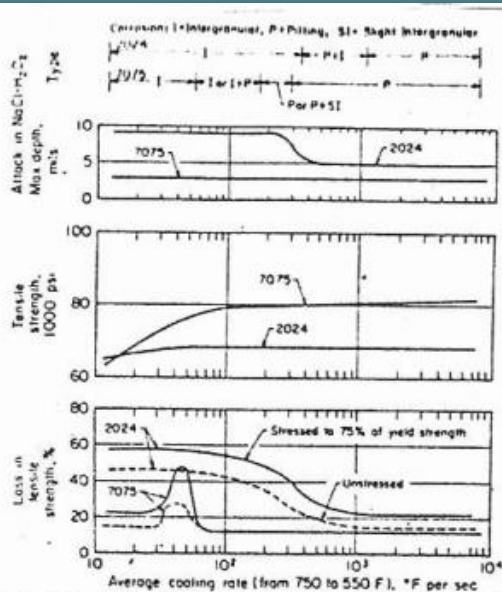
טיפול המסה-צינון

התבדלות לפני ההגעה לטמפ. החדר....



טיפול המסה – צינון

- כאמור לקצב הצינון השפעה על העמידות לקורוזיה וסוג הקורוזיה - קצב מהיר מאפשר עמידה טובה בקורוזיה בינגיבישית הקטלנית ובקורוזיית המאמצים.
- הרגישות היחידה היא ל PITCHING והטיפול המקובל הוא טיפול שטח – אנודייז, אלודיין וכו'.

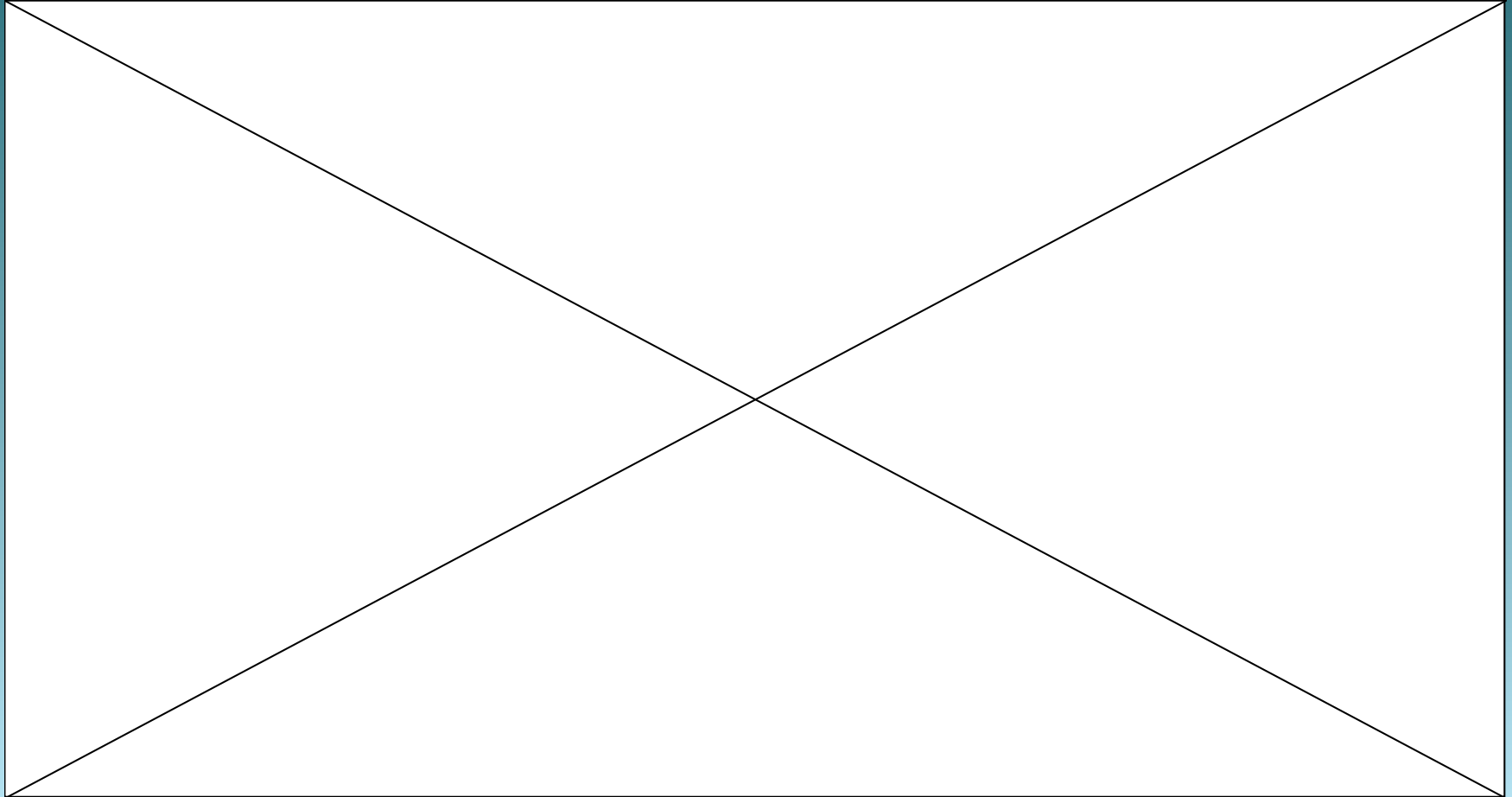


צור 6 : השפעת קצב הצנון על העמידה בפני קורוזיה בסגסוגות 2024-T4 ו-7075-T6

טיפול המסה – צינון

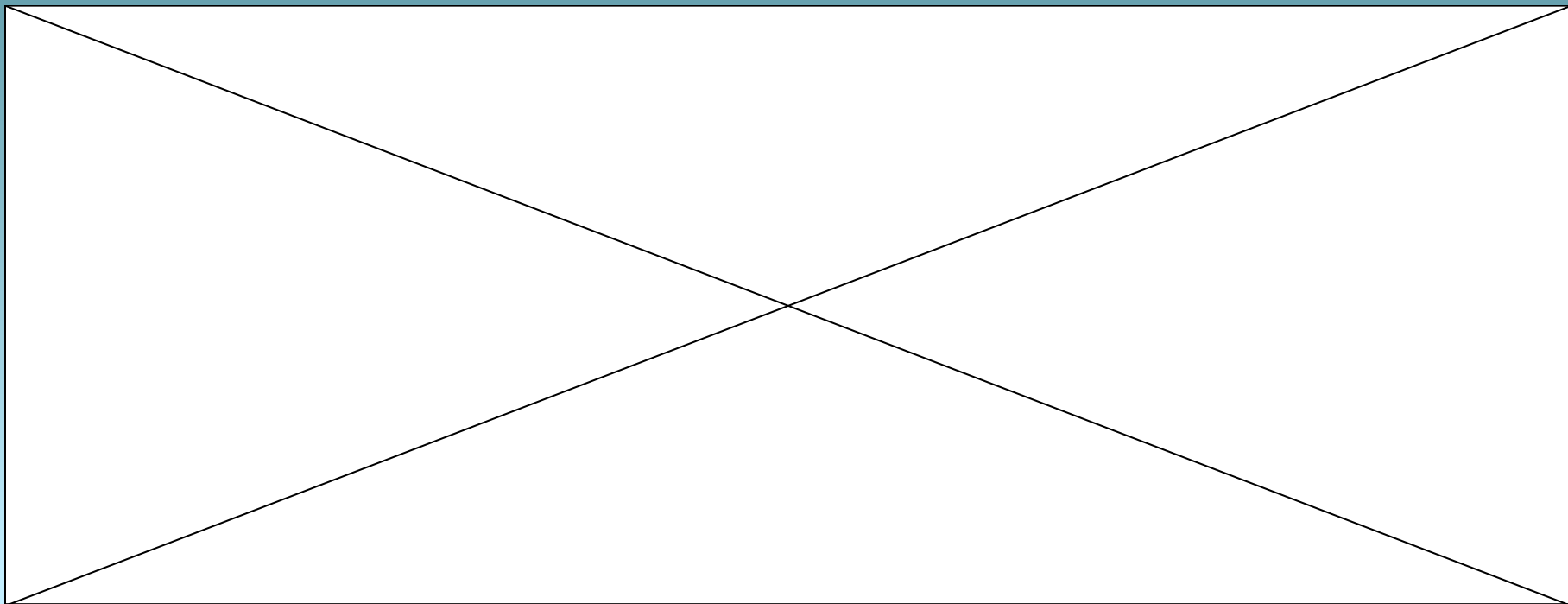
- ל – 2024, קצב הצינון עבור עמידה בקורוזיה מהיר יותר מאשר לקבלת התכונות המכניות המירביות.
- ל- 7075, התנאים הפוכים וזה מצב יותר טוב.
- ל- 7075 מה שמבטיח עמידות בקורוזיה בינגבישית הוא קצב הצינון שחייב להיות לפחות 150 מעלות לשניה.
- ל- 2024 מה שמבטיח עמידות בקורוזיה בינגבישית הוא קצב הצינון שחייב להיות לפחות 540 מעלות לשניה.
- קצבים כאלו קשים לביצוע במיוחד שעובי החלקים משמעותי לכן מומלץ להשתמש ב 2024 במצבי T6 ו 7075 במצבי T73 ו T76 המשפרים את העמידות בקורוזיה בבינגבישית.

איך לא כדאי לצנן... בתעופה



הסיבה לרגישות לקורוזיה בינגבישית

- התבדלות בגבול הגרעין בגלל קצב צינון איטי שגורמת להקטנת הריכוז של המתכת המוספת בשכבות הסמוכות
- כתוצאה מכך בין השכבות האלה ולגבול הגרעין מופי מפל של פוטנציאל אלקטרו כימי שגורם למתקפה קורוזיבית.



עיוותים/ מאמצים שיוריים אחרי ההמסה

- קצב הצינון משפיע מאד על עיוותים ומאמצים שיוריים
- ככל שהקצב מהיר יותר העיוותים גדולים יותר
- השפעה שלילית מבחינה כלכלית (יישור/עיבוד שבבי נוסף)
- למאמצים השיוריים נודעת השפעה שלילית על חוזק התעייפות ועמידה כנגד קורוזיית מאמצים.
- בהרבה מקרים על מנת להקטין את העיוותים ומאמצים שיוריים כמו בחישולים ויציקות עושים צינון במים חמים למרות הקטנת קצב הצינון עם ההשפעות הכרוכות בדבר.
- את ההשפעות חייבים לקחת בחשבון מראש.
- בגלל זה מבצעים עיבוד שבבי מוקדם להקטנת העובי.

עיוותים / מאמצים שיוריים אחרי ההמסה

- חלקי פח מקובל לצנן בפוליאלקלינגליקול להקטנת קצב הצינון, דחיית האידוי כתוצאה ממגע המים בחלקים.
- בריכוזים של 14-28% כתלות בחומר יורדת רמת העיוותים דרמטית.

הגורמים הקובעים את קצב הצינון

- הסביבה והטמפרטורה בה מבצעים את הקירור
- צורת וגודל החלקים (לשמור יחס שטח פנים לנפח, עיבוד מוקדם של חלקי עבוד שבבי והורדת עודפים)
- טיב שטח החלקים (חלק מבריק מקטין את קצב הצינון)
- קצב הצינון (ככל שקצר יותר עדיף)

מסקנות אופרטיביות להמסה

- חימום חייב להתבצע בתנורים עם אחידות טמפ. גבוהה בסדר גודל של לא פחות מ $- (+) 5^{\circ} \text{C}$.
- התנור חייב לבצע קצב חימום הנדרש בתקנים
- יש להקפיד לבצע המסה במקום הנכון בתהליך הייצור
- השהיית הנפילה למים חייבת להיות מינימלית (~ 7 שניות)
- יש לבחור באופן מתאים באמצעי הקירור והטמפרטורה שלו
- יש לבחור את צורת התנוחה של החלקים בתהליך

זיקון טבעי

- ל 2024 השיפור העיקרי של החוזק מופיע אחרי היום הראשון של הזיקון ואחרי 4 ימים מתקבעת יציבות.
- 6061 מזדקנת באופן הרבה יותר איטי כאשר החוזק שלה ממשיך לעלות זמן רב באופן רצוף. (הסיבה שהשימוש הוא במצב תרמי T6)
- 7075 מזדקנת רצוף בטמפרטורה של החדר. גם אחרי שנים של החזקתה בטמפרטורת החדר אחרי המסה היא אינה מתייצבת.) מעולם אין שימוש ב T4 אלא במצבים של T6 ומעלה)

זיקון טבעי

- מהגרפים של זיקון אנו למדים שע"י שימור החלקים במקרר בטמפרטורות נמוכות מתחת לאפס ניתן לעצור את תחילת הזיקון הטבעי לתקופת מה כפונקציה של טמפ.
- בתקנים תראו 14 יום בטמפ. 18- מעלות צלסיוס.
- עדיף לבצע את כל תהליכי העיצוב במצב W יש לכך יתרון כלכלי ומטורגי..



©

זיקון מלאכותי

- חימום ממצב T4 לטמפרטורה בינונית ~ 190°C והשהייה לזמן מסוים 9-36 שעות כתות בנתך תיתן עליה נוספת של החוזק ומצב יותר יציב.
- ניתן לעשות זיקון מלאכותי בצירופים שונים של זמן וטמפרטורה. רצוי באלו המקיימם את התנאים הבאים :
 1. החוזק למתיחה וכניעה יהיו גבוהים (אופטימליים) עם התארכות סבירה
 2. זמן הזיקון לא יהיה ארוך מידי –גורם כלכלי
 3. עקומת עליית החוזק עם הזמן חשוב שתהיה שטוחה באזור הערכים המקסימליים כדי לא לגרום לזיקון יתר או זיקון לא מספק בהפרשים קצרים של זמן הזיקון.

זיקון מלאכותי

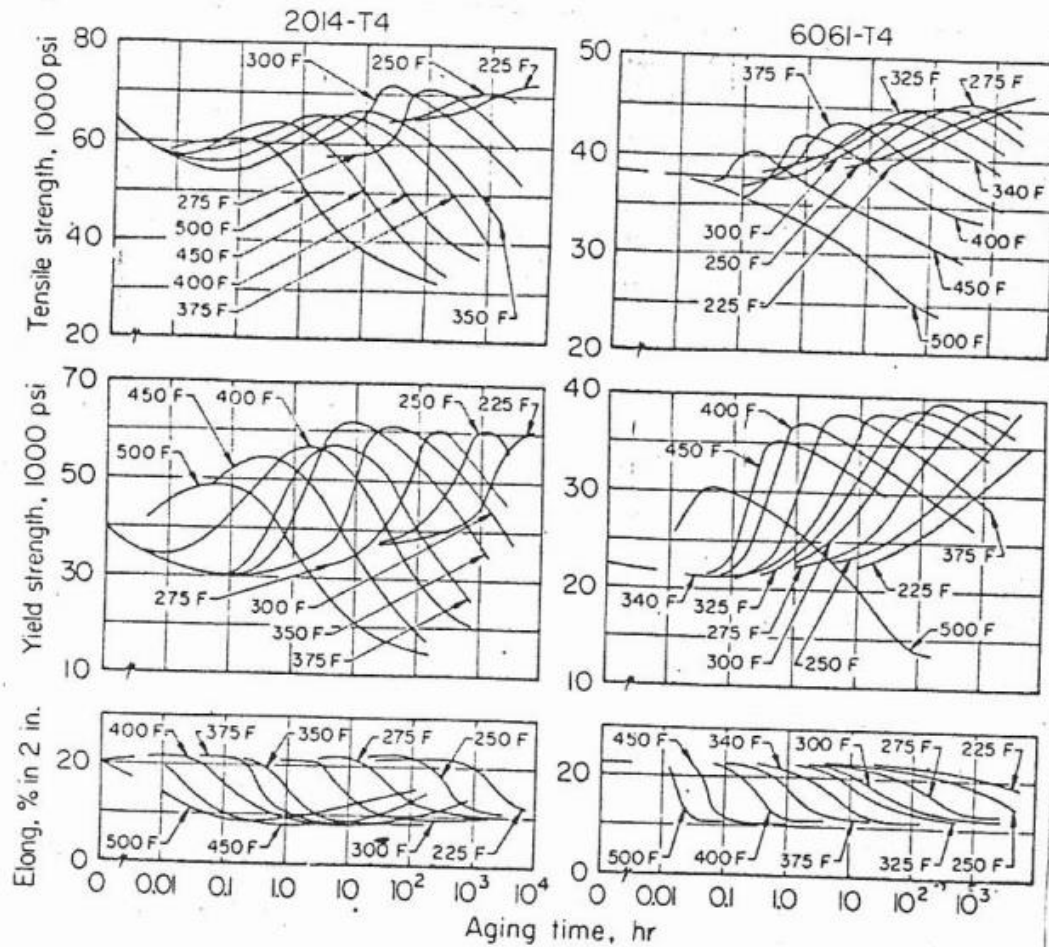
- ראוי לציין שזיקון היתר שיגרום לירידת החוזק בצורה ניכרת אינו מגדיל את ההתארכות באותה מידה.
- רק זיקון יתר ממושך יגרום לשיפור בהתארכות.
- ניתן לראות בגרף שהתחלת הזיקון המלאכותי מלווה בירידה בחוזק. את התופעה הזו אפשר לנצל במקרים מסוימים כדי לבצע עיצוב של החלקים במצב T4 ע"י חימום לטמפרטורת הזיקון הצלאכותי למספר דקות.
- במצב זה הסגסוגת מקבלת תכונות דומות למצב W (ירידה בכניעה של 25%)
- התופעה זמנית והמשך השהייה בטמפרטורת הזיקון המלאכותי גורמת להתחלת עליית החוזק.

15-20 דקות חימום ב 185 צלסיוס לצרכי עיצוב

זיקון מלאכותי

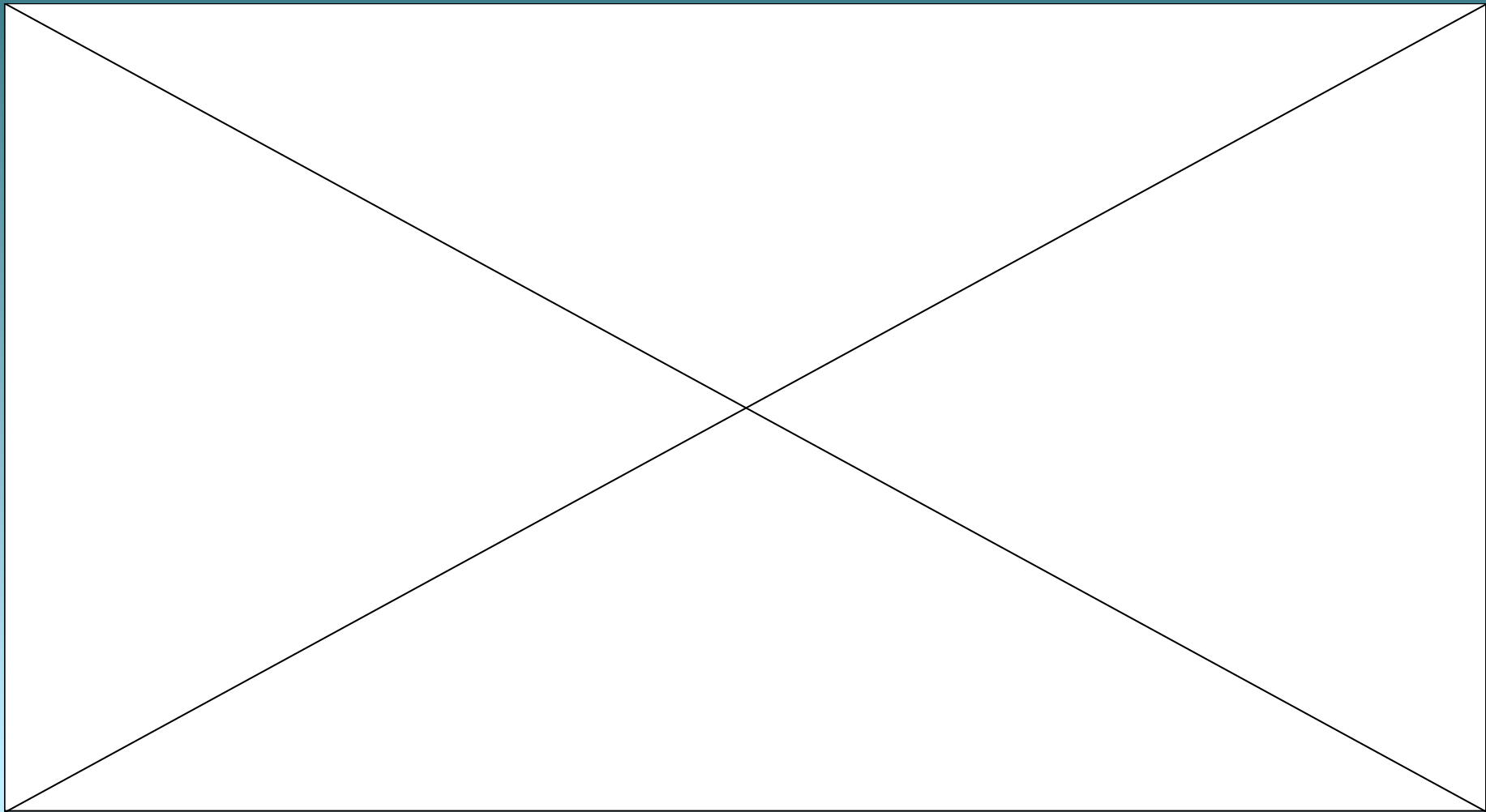
- עבור אותה סגסוגת ניתן לקבל תכונות מכניות טובות יותר אחרי זיקון מלאכותי, כאשר אחרי המסה מבצעים עיבוד בקר (יתרון מטלורגי שדיברנו עליו)
- לזיקון מלאכותי יש השפעה חיובית על עמידות הסגסוגת בפני קורוזיה כתוצאה מהתבדלות הגדולה המתרחשת.
- בזמן הזיקון המלאכותי נעלם מפל הפוטנציאל האלקטרוכימי בין הגרעינים לגבולות הגרעין ואיתו הגורם העיקרי לקורוזיה בינגבישית.
- זיקון מלאכותי גם מקטין את המאמצים השיריים שנוצרו אחרי צינון, 10-35% הקטנה בהתאם לסגסוגת.

זיקון מלאכותי



צור 8 : אופייני הזקון — בטמפרטורות נבחרות.

לסיכום של כל הסיפור



©

אלי יודקביץ ספטמבר 2017