

נספח פרק ה - תהליך העיצוב

חומרים ותהליכים

- מסמך זה נכתב בעבור המורה, והוא בסיס לדיון בכיתה על הקשר בין טכנולוגיה של חומרים ותהליכי ייצור ובין עיצוב המוצר.
- יש במסמך מספר הצעות לדיון בכיתה. כל מורה יכול לבחור כל אחת מההצעות או חלקן, על פי שיקול דעתו.

מטרות הדיון:

- להכיר את מושגי יסוד: טכנולוגיה ומדע.
- להסביר כיצד תחום הטכנולוגיה ותחום העיצוב משתלבים יחדיו.
- לעורר בתלמיד את הסקרנות להתבונן על העולם שבו הוא חי ולשאול שאלות על הקשר בין חומר, טכנולוגיה ועיצוב המוצר.

נושאים לדיון :

- א. מהי טכנולוגיה?
- ב. מה הקשר בין טכנולוגיה ובין מדע?
- ג. מה הקשר בין טכנולוגיה ובין עיצוב?
- ד. תפקידו של המעצב – מבט רחב על טכנולוגיה

א. מהי טכנולוגיה?

"תחום ידע העוסק בחיפוש פתרונות מעשיים כמענה לצרכים אנושיים, תוך ניצול חידושי המדע". (ויקיפדיה)

"הטכנולוגיה היא הידע כיצד להשתמש בכלים ובמכונות כדי לבצע משימות בצורה יעילה". תרגום חופשי

מתוך: merriam-webster dictionary

"טכנולוגיה היא תהליך של יישום ידע כדי לספק צרכים ורצונות ולהרחיב את היכולת האנושית". תרגום

חופשי מתוך: yourdictionary.com

כל מוצר אשר יוצר על ידי האדם הוא תולדה של שני תנאים: צורך למוצר ויכולת לבצע את המוצר בפועל.

במילים אחרות, טכנולוגיה היא האמצעי המאפשר לממש צרכים אנושיים.

שיח טבק, לאחר שעבר הנדסה גנטית והושתלו בו גנים של גחליליות, הגורמים לו לזהור בחושך. התהליך קורה רק כשהצמח צמא, וכך הוא מאותת לחקלאי שדרושה השקיה. הטכנולוגיות המעורבות הן, בין השאר: השבחה גנטית – טכנולוגיה הקיימת אלפי שנים; זיהוי הגנום ושינוי DNA – טכנולוגיה שפותחה בשנים האחרונות.



תמונה מתוך: ויקיפדיה, ערך: הנדסה גנטית

<http://he.wikipedia.org/wiki/%D7%94%D7%A0%D7%93%D7%A1>

%D7%94_%D7%92%D7%A0%D7%98%D7%99%D7%AA

ב. מה הקשר בין טכנולוגיה ובין מדע?

מהו מדע?

- "שיטה לאיסוף ידע על העולם באמצעות תצפית, ניסוי והסקה שיטתיים ודרכי מחקר שנועדו לפתח ידע זה". (ויקיפדיה)
- "גיבוש חוקים וכללים, המתייחסים להתנהגותם של האובייקטים שבהם הם דנים, ולאפשר בכך הן למזג ולגבש את הידע הקיים, שמקורו באובייקטים או באירועים ספציפיים, והן לחזות אירועים שעדיין לא התרחשו".

Braithwaite, Richard B. (1955), *An Empiricist's View of the Nature of Religious Belief*, Cambridge: Cambridge University Press. – תרגום חופשי

דיון: מהי טכנולוגיה?

המורה יכתוב על הלוח את ההגדרות או חלקי ההגדרות שהתלמידים מציעים.

שאלה: היכן אנו כצרכנים פוגשים מוצרים שהם תוצר של תהליך טכנולוגי?

המורה יכתוב על הלוח את תשובות התלמידים.

המורה ידגיש כי אנו פוגשים את הטכנולוגיה בכל מקום: בתחום האדריכלות, בתחום התקשורת, בתחום הבידור (למשל, תעשיית הקולנוע, תשדירי רדיו וטלוויזיה), כאשר אנו קונים מוצרי צריכה, בעולם האמנות, וגם במטבח המשפחתי. בכל מקום יש קשר בין תכנון מוצר ובין תהליך טכנולוגי.

לכל אחד מהשניים יש מסלול קיום עצמאי: האדם הקדמון שרף כלי חרס בלי לדעת את המבנה המולקולרי של החרסית. תפוחים נפלו מהעצים הרבה לפני שהמדען אייזיק ניוטון גילה וניסח את חוק המשיכה. המדע הוא המסגרת הרעיונית והתיאורטית להבין כיצד הטבע פועל. המדע והטכנולוגיה מתקדמים במקביל תוך יצירת דיאלוג ביניהם. לדוגמה, תגליותיו המדעיות של גלילאו נעשו בעקבות התפתחות הטלסקופ; התיאוריות המדעיות בתחום החשמל איפשרו לפתח יישומים טכנולוגיים רבים מתקופת המהפכה התעשייתית ועד זמננו. המדע קובע את גבולות ההיתכנות של הטכנולוגיה (אי אפשר לקרר נמוך יותר מה-0 המוחלט..., לא ניתן לטוס במהירות הגבוהה ממהירות האור...). לסיכום יחסי מדע טכנולוגיה: הטכנולוגיה היא הכלי המאפשר את ההתקדמות המדעית. לעומתה, המדע מציג כל הזמן רעיונות וצרכים חדשים, שהם אבות ההמצאה והחידוש הטכנולוגיים.

לפעמים יכול להיות פער של מאות שנים בין הרעיון ובין הביצוע, כמו למשל הזמן שחלף מאז העלו את רעיונותיהם ליאונרדו דה וינצ'י, ז'ול ורן או סופרי מדע בדיוני אחרים, עד שבשלו הטכנולוגיות שיכלו להפוך אותם למציאות.



ג. מה הקשר בין טכנולוגיה ובין עיצוב?

הטכנולוגיה היא תחום רחב, המתחדש ומשתנה כל הזמן. מהו הידע הטכנולוגי הדרוש לנו בתהליך העיצוב?

הידע מתחלק בין שלושה תחומי מקצוע שונים: הנדסה, עיצוב וייצור. ידע כמותי מאפשר למהנדסים לחשב גדלים, עוביים וחוזקים כדי להיערך לכוחות, למאמצים ולעומסים שיופעלו על המוצר. אנשי תעשייה וטכנאים מכירים טכנולוגיות ושיטות ייצור, ויודעים כיצד לייצר את המוצר במפעל שלהם, תוך התייחסות למגבלות הייחודיות של כל שלב בתהליך הייצור (למשל, עובי הפח שניתן לכופף, יכולת העמידות של הצבע, וכדומה). אנשים אלו יתנו את המידע הנוגע למגבלות שמציבה הטכנולוגיה המסוימת על המוצר שלנו. ואילו המעצבים צריכים לתווך בין מגוון החומרים והתהליכים הקיימים ולבחור את אלו המתאימים כדי להוציא מן הכוח אל הפועל את חזונם.

דיון:

המורה יציג בפני התלמידים קופסאות בצורות שונות. התלמידים יעלו השערות כלליות בדבר חומר, תהליך ייצור ומגבלות שונות שהצורה והצורך מתייבים.

שאלה: אם המארז שאני מתכנן בעבור מחשב הוא בצורת תיבה מחומשת, האם אוכל לייצר את המארז מעץ? מפח? מפלסטיק? ואם כן, כיצד?

שאלה: האם ניתן לייצר מקרטון מצופים לסימון מסלולים בבריכת שחייה או בים? התשובה כמובן חיובית. כמו שחלב ארז במכלי קרטון, כך אין מניעה להשתמש בדיוק באותו קרטון כאשר הציפוי העמיד למים יהיה בחוץ, ויש לנו מצוף...

ניתן לדון בכך שלמרות שהקרטון נרטב ומתקלקל במים מאחר שהוא עשוי נייר, יש לנו יכולת לצפות אותו בחומר המגיב למים בצורה שונה ולקבל יכולות חדשות. דוגמה נוספת היא ספסל צבוע הנמצא בגן ציבורי ואינו מחליד, למרות שברזל מחליד במים, וכדומה.

דיון:

תרגילי חשיבה תיאורטיים:

1. התלמידים ידמיינו את סדר פעולותיו של אדם שחי לפני 200 שנה, הנוסע לבקר את אחיו בעיר שכנה (ללא חשמל, כבישים, תחבורה ציבורית, אוכל זמין, תקשורת וכדומה).
2. בהמשך התלמידים יתארו איך נראית נסיעה כזאת היום. בדיון יש להתייחס לאמצעי התחבורה המגוונים, לחשיפה לתקשורת, לפרסום, לאדריכלות, ולאובייקטים נוספים שאליהם נחשף אדם הנוסע מעיר לעיר. התלמידים יעלו רעיונות איך הצליחו הקדמונים להמציא לוח שנה באמצעים שעמדו לרשותם. מה היו התחליפים לטלסקופ ומחשב?
3. המורה ישאל מה דרוש לנו כדי להגיע בעתיד למוצרים כמו "מכונית מטוס אישית" או "טיסות תיירות למאדים" (רמז: הטכנולוגיה כבר כאן, אבל צריך גם מקורות אנרגיה יעילים יותר, מערכות שליטה ובקרה, בטיחות וכדומה). סיכום: שאלה למחשבה: מהם גבולות היכולת האנושית? דמיון ויצירתיות יכולים להיות ללא גבולות. האם חוקי הטבע מצד אחד ומשאבי חומר ואנרגיה מצד אחר הם שיעצרו את התקדמות האנושות?

ד. תפקידו של המעצב – מבט רחב על טכנולוגיה:

כאשר מתכננים מוצר, הסקיצה, המצגת או הדגם יוצגו אך ורק אם קיימת טכנולוגיה לייצור אותו מוצר. לדוגמה, כשהמעצב מציע פתרון שצורתו קופסה מלבנית, עליו להתייחס גם לחומרי הגלם האפשריים, לשיטות הייצור, לשיטת הפרישה ולחיבורים. כל הצעה של מעצב צריכה להיות מלווה בטכנולוגיה המתאימה לתפקוד, לצורה, לתקציב, לכמות, לגימור, לזמן הייצור, לאפשרויות הצביעה ועוד תכונות הנדרשות מהמוצר המסוים. תפקידו של המעצב לכוון את הלקוח לשימוש בידע של מהנדסים, הנדרש בתהליך הפיתוח, להתייעץ עם אנשי התעשייה בקשר לפרטים השונים ולהביא פתרונות חלופיים כשמתברר שרעיון מסוים אינו ניתן לביצוע או יקר מדי.

לסיכום: המעצב אמור לשאול את השאלות אשר יובילו לתהליך פיתוח מוצר נטול הפתעות ככל האפשר. למעצב יש "מבט רחב על טכנולוגיה". עליו להכיר את מה שמציעה הטכנולוגיה כדי להגיע לתהליך המתאים ביותר למוצר שנבחר.

דוגמה (אנלוגיה) להמחשה:

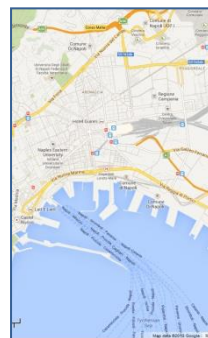
נשתמש במושג "קנה מידה" המוכר ממפות גיאוגרפיות כדי להמחיש את היקף הידע שיש למעצבים: אנחנו מכירים את כדור הארץ ויכולים לסמן כמה מדינות לחופו של הים התיכון (1:5,000,000), ואולי אפילו לצייר את איטליה כמגף ולסמן עליה את רומא ונאפולי (1:500,000), אבל איננו יודעים היכן קונים את הפיצה הטובה ביותר בנאפולי, ובוודאי לא איך להגיע אליה... (1:5,000).



1:500,000,000



1:500,000



1:5,000

אם כך, מה נוכל ללמוד מהתחום הנקרא טכנולוגיה כדי שישיר את אותנו כמעצבים?
הידע הטכנולוגי שאנחנו כמעצבים שואפים להגיע אליו מאפשר לנו לראות את התמונה הכללית: המידע שיש לנו על תעשיית המתכת מספיק כדי להבין את ההבדל בין פלדה ובין אלומיניום, ובין מוצר מפח מכופף ובין יציקת חול. אנו יודעים לבחור את החומר ואת תהליך הייצור שיתאימו לצורה שבחרנו. צריך להיות לנו מושג על העלויות הצפויות, האיכות שנקבל וכמה ישקול המוצר. לפני שחקרנו ובדקנו לפרטים, עדיין אין לנו מידע מדויק על מגבלות החוזק, על עלויות הליטוש ועל כמות הספרים שנוכל להעמיס על המדף שעיצבנו. עבודתו של המעצב השואף להפוך את הרעיון למוצר סופי מלווה ברצף של שאלות, בחינת אפשרויות ולמידת פרטים. ניתן לדמות אותה לדרך מפותלת עם צמתים רבים ופה ושם דרכים ללא מוצא, המחייבות להסתובב ולבחור כיוון אחר בצומת ההחלטות הקודם.

סיכום: הטכנולוגיה אינה מחסום בפני הדמיון:

הטכנולוגיה היא הכלי שהפך את האדם מצייד ומלקט למחולל שינויים ענקיים, לממציא, יוצר ומפתח של כל מה שאנו רואים סביבנו. היא הכלי המאפשר להגשים רצון, רעיון והמצאה ולהנחית אותם על קרקע המציאות.
הטכנולוגיה יכולה גם לגרום נזק על ידי שימוש נצלני, בלתי מבוקר ובלתי אחראי במשאבי כדור הארץ. היום אנו עדים למאמץ ניכר לשלוט בשימוש הבלתי מבוקר במשאבי כדור הארץ ובמקורות האנרגיה. המדע עסוק בחיזוי הנזקים העתידיים לכדור הארץ, בניבוי יתרות האנרגיה ובחיפוש משאבי חומרי גלם שאינם מתכלים (שמש, רוח, גלים), והטכנולוגיות המתפתחות מאפשרות לבצע את השינויים ההכרחיים בקצב מואץ.
מדינות רבות מנסחות תקנות ואמנות בינלאומיות חדשות וחותרות עליהן, כדי להבטיח את עתיד כדור הארץ והמין האנושי.
כמעצבים לעתיד, אנו נשתלב בתהליך האחראי הזה. מושגים כמו מיחזור, קיימות, אפקט החממה, חותם פחמן (Carbon footprint), אנרגיה ירוקה ואחרים, שכמעט ולא היו בשימוש לפני כמה שנים, הם כיום השפה היומיומית של מהנדסים, מעצבים ואנשי תעשייה. שיקולי זיהום אוויר וחיסכון באנרגיה הם אבני יסוד במערכת האילוצים והתקנים המחייבים בכל מכונית, מזגן ומקרר המתוכננים כיום.

מהו חומר?

מטרות הדין:

- להכיר מושגי יסוד: חומר, חומרי גלם
- להכיר תכונות החומרים
- משפחות חומרים ושיטות מיון של חומרים
- לעורר בתלמיד את הסקרנות להתבונן על העולם שבו הוא חי ולשאול שאלות על הקשר בין המוצרים שהוא רואה סביבו ובין חומרים שהם עשויים מהם.

פעילות :

המורה/התלמידים יביאו לכיתה מוצרים קטנים מחומרים שונים (צעצועים, אטבים, סיכות ראש, כלים חד פעמיים וכדומה) ויחד יבחנו את המוצרים – יכופפו, יקרעו, יטעמו, ישקלו...

מהו החומר?

הגדרות מילוניות:

- אובייקט בעל מסה ותפיסת מקום במרחב (ויקיפדיה מילון).
 - עצם הדבר, היסודות שמהם עשויים הגופים בטבע, בתעשייה וכדומה (מילון אבן שושן).
- חומר הוא המרכיב (ביחד עם אנרגיה) של כל דבר ביקום.

כאשר חוקרים את החומרים השונים לעומק, בכלי מדידה שונים כמו מיקרוסקופ אלקטרוני או שיטות שיקוף והדמיה מתוחכמות, מגיעים לנקודה מסוימת שבה כלי המדידה (גלי אור, חלקיקים שונים) פוגעים בחומר הנבדק ומשנים אותו ולכן אי אפשר להמשיך ולבדוק. תופעה זו גורמת לכך שבסופו של דבר איננו יודעים בדיוק מה נמצא ממש ביסודות, בתוך גרעין האטום ומסביבו. ויכוח בן 100 שנה קיים בין הפיזיקאים לבין עצמם בקשר לאופן שבו החומר והאנרגיה מרכיבים את היקום.

אנו מכירים את החומרים הבסיסיים שמהם בנוי העולם שלנו ויודעים לתת להם שמות כאשר מדובר בסדרי הגודל של האטומים ולמעלה מזה. לפני כ-150 שנה פרסם מנדלייב, מדען רוסי, את טבלת היסודות המחזורית שלו, שאיפשרה למדענים שבאו אחריו להבין מה קורה בגרעין החומרים השונים.

הטבלה המחזורית של מנדלייב כפי שהיא מוכרת היום

http://he.wikipedia.org/wiki/%D7%94%D7%98%D7%91%D7%9C%D7%94_%D7%94%D7%9E%D7%97%D7%96%D7%95%D7%A8%D7%99%D7%AA

חומרי גלם - חומרים אורגניים:

בטבלה המחזורית של מנדלייב, שהתעדכנה עם השנים, נמצאים כל היסודות המהווים את אבני היסוד של כל החומרים. מסלעי כדור הארץ כולם (גם המגמה הנוזלית הרוחת כ-70 קילומטרים תחת רגלנו), דרך המים והמלחים המומסים בהם, האוויר שסביבנו, בעלי החיים, כולל האדם, ועד למוצרים מעשה ידי אדם: ביגוד, כלי רכב, מוצרי מזון וכדומה.

המעבר מהטבלה המחזורית אל הממשי - חי, צומח, או דומם - נעשה על ידי צירופים של היסודות למולקולות (מספר אטומים המחוברים ביניהם בקשר כימי), וצירוף מספר מולקולות זהות או שונות לתרכובות ולחומרים.

חומרים שמוצאם מן החי ומן הצומח נקראים חומרים אורגניים. הם בנויים בדרך כלל ממולקולות ענקיות של כמה יסודות, בעיקר פחמן, מימן וחמצן. ליסודות הבסיסיים מצטרפים בכמויות שונות גם חנקן, גופרית, אשלגן, יוד ומתכות שונות. סוג החומר האורגני נקבע על ידי כמות האטומים, סידורם ואופן הקשר ביניהם.

כל עוד איננו מתערבים בכך, החומרים האורגניים מצייתים לחוקי הטבע ולפקודות האבולוציה המוכתבות על ידי ה-DNA הנמצא בכל תא של אורגניזם חי. כשהם הופכים לחומרי גלם (עץ, עור, נפט), היכולת הטכנולוגית הנמצאת ברשות האדם הופכת אותם למוצרים (עץ לבוד, נעליים, פלסטיק).

החומרים הדוממים שמספק לנו הטבע - מחצבים ונוזלים – הם תוצאה של תהליכים גיאולוגיים ואקלימיים שונים: אין זו אבולוציה במובן של מלחמת הישרדות ויתרון קיומי, אלא תוצר גיאולוגי של תנועת יבשות, רוחות, מזג אוויר ותהליכים כימיים ופיזיים של חימצון, המסה, פירוק, התגבשות, בליה, שקיעה, אידוי ועוד.

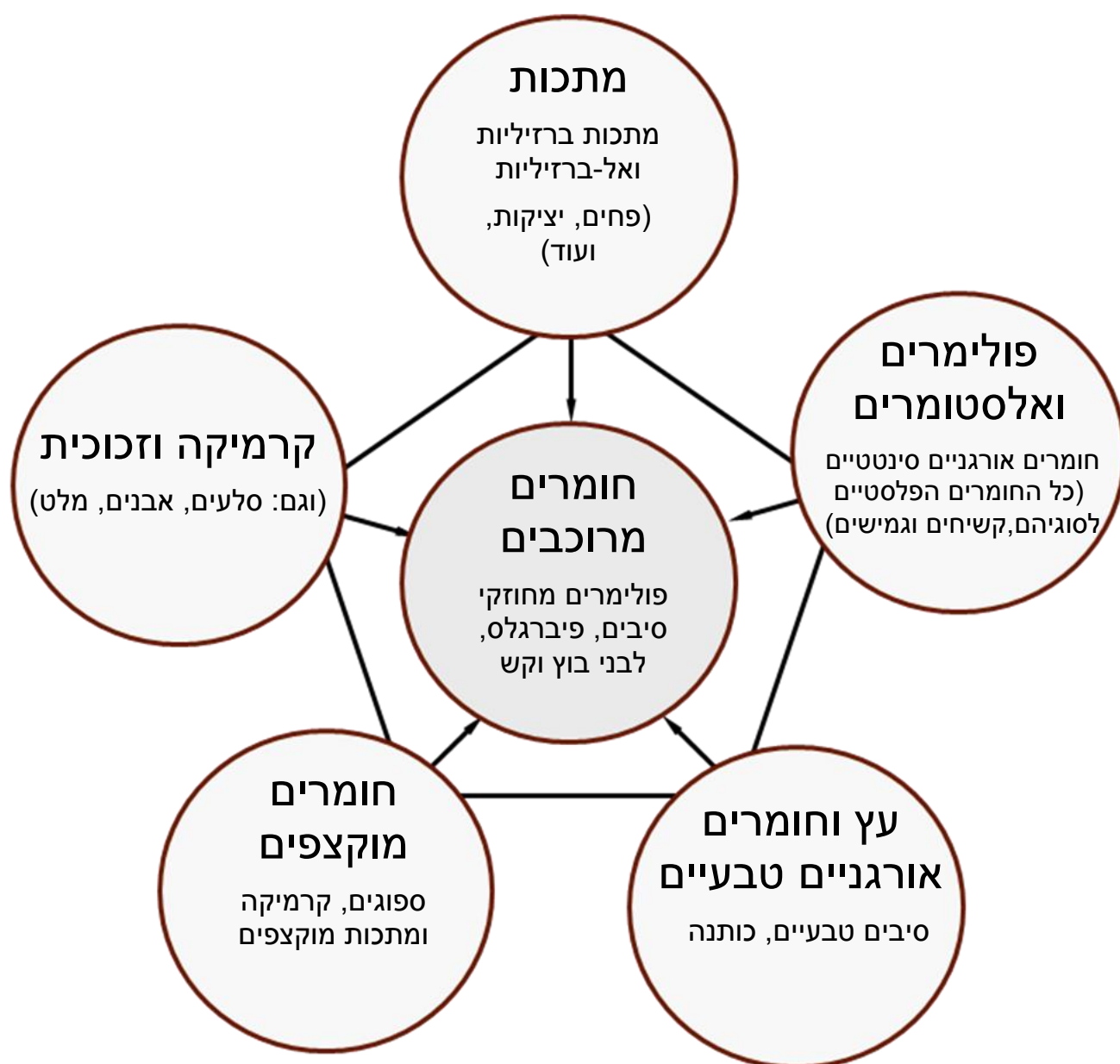
מהו חומר גלם?:

חומר הנמצא על כדור הארץ במצבו הבלתי מעובד והאדם משתמש בו לצרכיו הוא חומר גלם. קרינת השמש, עוצמת הגלים והרוח, שהם סוגים של אנרגיה, מצטרפים אל חומרי גלם, ויחד מהווים את סך כל המשאבים העומדים לרשות האדם.

מיון חומרי גלם:

מיון החומרים אינו היררכי: אין חומר אחד ממקום "לפני" חומר אחר או חשוב ממנו. החומרים מצויים במרחב שבו אנו חיים, ובאים לידי שימוש במוצרים ובמבנים שסביבנו. ניתן למיין את החומרים לפי מאפייניהם באופנים שונים. אפשר להתייחס להרכב הכימי, לקשיחות, למוצא (טבעי, מעשה ידי אדם) ועוד חלוקות שונות ומשונות.

אנו נתייחס לחלוקה בסיסית של חומרים כפי שהם באים לידי שימוש של האדם. החלוקה מוצגת בסכימה הבאה. העובדה שהמרכיבים השונים בסכימה קשורים זה לזה, מייצגת בעיקר את מוצאם של החומרים.



חומרים במאה ה-21 - שבירת הכללים:

במציאות בת זמננו הטכנולוגיה מאפשרת לפתח, לשנות ולייצר חומרים חדשים על פי דרישות הייצור והתעשייה. אנו רגילים לראות את קבוצת המתכות כבעלת יכולת להוליך חשמל, אבל היום קיימות מתכות אמורפיות בעלות התנגדות גבוהה להולכת חשמל, ולעומתן פותחו חומרים פלסטיים המוליכים חשמל. שילוב חומרים גם הוא מאפיין חשוב בהתפתחות הטכנולוגית. הוספת סיבים אלסטיים לכותנה מאפשרת לגרביים שלנו להיות נוחים יותר, וסיבים שונים המתווספים לניילון מגדילים בהרבה את קשיחותו. סיבי זכוכית המונחים באופן מסוים בתוך יציקת בטון הופכים אותו לחדיר לאור מכיוון מסוים. אנו עדים לגידול משמעותי של הקבוצה המוגדרת כ"חומרים מרוכבים".

דיון:

במה השתמשנו עד היום?

במיליון השנים הראשונות, פחות או יותר, להיותנו פעילים על פני כדור הארץ, השתמשנו בחמישה חומרים: עץ, סלע, עצם, קרן ועור. בתחילת התקופה הנאוליתית (לפני כ-12,000 שנים) החלה מהפכה בחיי המין האנושי - הוא יצא מהמערות והחל לגדל בעלי חיים ולעסוק בחקלאות. כך גדל מאוד מבחר החומרים, ועמו הטכנולוגיות שאיפשרו את השימוש בהם: נוספו חרס, צמר וסיבי צמחים; ובסוף אותה תקופה ממש (לפני כ-4,000 שנה, בתקופת שנקראה תקופת הברונזה) הצטרפה גם המתכת.

באמצע המאה ה-19, הפיכת ייצור הברזל לתהליך מתועש הייתה אחראית למהפכה התעשייתית. רק במאה השנים האחרונות, בעידן שעדיין אין לו שם, הצטרפו החומרים הפלסטיים אל קבוצת החומרים הוותיקים.

בכל אותן אלפי שנים, ועוד בטרם העלו את הדברים על הכתב, האדם למד את החומרים האלה, ובכל דור נוספו שיטת עיבוד, שימוש חדש, גימור וכלים שונים. כל אלה נעשו בעת ובעונה אחת בידי שבטים שונים של המין האנושי ביבשות שונות, ולפעמים בידי כמה שבטים ביבשת אחת. אין זה משנה אם התשובה לשאלת הטריזיה "מי המציא את הנייר?" היא הסינים או המצרים. שתי התשובות, הנכונות מבחינה היסטורית, תרמו באופן זה ואחר למאגר הידע הטכנולוגי שבידינו כיום.

עיבוד חומרי גלם ומשמעותו:

לא נדרש כל עיבוד כדי להרים אבן המוטלת בשדה טרשים ולהפוך אותה יחד עם אבנים דומות לה לגדר אבנים. ואולם, ברוב המקרים אנו נדרשים לידע ולתהליך טכנולוגי כדי לעבד את חומרי הגלם לצרכינו. העיבוד יכול להיות ברמה בסיסית – מכה של אבן צור אחת באחרת וקבלת ראש חץ, או ברמה מורכבת ביותר – איתור סלעי אורניום, הפקת האורניום, העשרתו והפיכתו לדלק בכור גרעיני. בוך חרסיתי נמצא בטבע, נאסף, מנוקה ומקבל צורה על אובניים או בתבנית. כאשר שורפים אותו בתנור בחום גבוה, מסולקות מולקולות המים הנמצאות בתוך התרכובת הבסיסית שלו, ומתקבל ספל קרמיקה. זהו תהליך של שימוש בחומר גלם לייצור מוצר תעשייתי.

דיון:

מה אחריותנו לשימוש מושכל בחומרי גלם?

המטרה: להציג בפני התלמידים את הצורך במודעות לשימוש מושכל בחומרי גלם.

האם המים הם משאב מתכלה? (רמז: מחזור המים בטבע...) איך להתייחס לקרינת השמש? לאנרגיית הרוח? לחול?

מה אחריותו של האדם לגבי כלל המשאבים של כדור הארץ?

כמות החומר שממנו עשוי כדור הארץ מוגדרת. המונח "משאבי כדור הארץ" מתייחס למצאי העומד לרשות האדם לשימוש, כולל כל מקורות האנרגיה. "חוק שימור החומר", אחד מחוקי הטבע הבסיסיים, נותן לנו בצורתו המורחבת שימור של חומר ואנרגיה. במילים אחרות, על פני כדור הארץ יש כמות משאבים נתונה. כדור הארץ נשטף בכמות עצומה של אנרגיית שמש, ובו בזמן מאבד חום (אנרגיה הנפלטת מהאטמוספירה). משאבי כדור הארץ נחלקים למתכלים ולכאלו שאינם מתכלים.

האם עץ הוא חומר גלם מתכלה? האם עץ כחומר גלם ייעלם בשנים הבאות? תשובה: שימוש מושכל ואחראי, נטיעה מחדש של יערות בקצב התואם את קצב כריתתם, יכול להפוך את העץ לחומר גלם בלתי מתכלה.

דיון:

מה המשמעות של בחירת חומר בעבורנו?

הזיכרון האישי והקולקטיבי שלנו מכיל הקשרים תרבותיים לחומר. במילים אחרות, אנו מקשרים אסוציאטיבית חומרים עם תמונות של מקומות, אווירה ומוצרים. למשל: אבנים מסותתות = ירושלים, קירות = אבן; ריהוט = עץ; כיסוי מיטה = בד; חרבות = ברזל וכדומה. זיכרון זה חלקו משותף לתרבות האנושית כולה וחלקו תלוי-תרבות: אבן מייצגת כמעט תמיד יציבות וחיי נצח, ואילו עץ משדר משהו זמני יותר; צמר משרה אווירה של חמימות ואינטימיות, וברזל מדבר בשפה של כוח ועוצמה; משמעויות אלו יתקבלו באותו אופן באוהל בדווי כמו בטירה אנגלית. ופלסטיק?...

אבל, כאמור למעלה, התרבות והסביבה יוצרים הקשרים אחרים לגבי חומרים. סיבי קוקוס ומוצריהם יעלו בדמיונו של אדם מהמערב חומר גלם אותנטי המשרה אווירה של איים רחוקים, חופי זהב חוליים עם בקתות דייגים ונערות עטויות פרחים, בעוד כפריים בדרום הודו, באפריקה או בפיליפינים אינם רואים בהם דבר מלבד חומר גלם רגיל לעשיית שטיחים, סלים ובקתות, ואין הוא משרה אווירה כלשהי אלא הוא חלק בסיסי ורגיל בחיי היומיום.



תכונות החומרים:

בחירה נכונה של חומר היא אחד הגורמים להצלחת המוצר.

אנו נזקקים לתכונות המשמעותיות של חומר בהקשר השימוש בו. "אנשי החוק והסדר" בתחום - המהנדסים, המומחים, הטכנאים והמעצבים - הם המתווכים בין הצרכן, כלומר המשתמש, ובין הבחירה הנכונה. לשם כך, כדאי שנכיר כמה מושגים מעולמם כדי שנוכל לנסח ולהגדיר את רצוננו בשפה משותפת. כשנדבר על חומר "עמיד לקרינה" או "מבודד טוב", תהיה לנו אפשרות לדעת באיזו תכונה של החומר מדובר ובאילו טבלאות להסתכל כדי למצוא את החומרים בעלי התכונות המבוקשות. מקובל לחלק את התכונות לקבוצות, כך שאפשר לקבל תמונה מרוכזת של החומר על ידי קריאת נתונים שונים. קל לעשות זאת כאשר מסתכלים על טבלאות המשוות תכונה מסוימת בחומרים שונים. קבוצות התכונות המרכזיות הן: תכונות פיזיקליות, תכונות מכניות ותכונות כימיות. קבוצות נוספות של תכונות כמו למשל "בליעה או החזרה של קרינת רדיו", "יכולת פעפוע גזים", "התעייפות חומר במאמץ" וכדומה, הן תת-קבוצות של התכונות העיקריות, ומפורטות כאשר הן מהוות מדד משמעותי בבחירת החומר לתפקוד במטלה מסוימת.

תכונות פיזיקליות: תכונות הנובעות ממבנהו הפנימי של החומר ומתארות אותו. כדי לתאר תכונות פיזיקליות משתמשים במושגים כמו: צבע, ריח, נקודת קיפאון, נקודת היתוך (הטמפרטורה שבה מצב הצבירה של יסוד משתנה ממוצק לנוזל), נקודת רתיחה, שקיפות, הולכת חום וצמיגות, משקל סגולי (היחס בין צפיפות של חומר בטמפרטורה נתונה לצפיפות מים ב- 4°C), התפשטות בחום, הולכה חשמלית, מגנטיות וצמיגות.



תכונות מכניות: מבטאות את יכולתו של חומר לעמוד בפני פעולתם של כוחות חיצוניים. עמידה במתיחה, קריסה, פיתול וגזירה, קשיות, חשילות, נוקשות מול גמישות.

הגדרת התכונות המכניות חיונית בבחירת החומר: מה המשקל המרבי שיוכל הגשר לשאת? בפני אילו רוחות אמור האוהל לעמוד? מה מהירותו של הגלגל הענק בלונה-פארק?

תכונות כימיות: התכונות הכימיות המעניינות אותנו בתכנון מוצרים מתבטאות בכושר עמידותם בסביבה שהם אמורים לתפקד בה. מכאן שהאזור החשוב מבחינת התכונות הכימיות הוא פני השטח של המוצר. מוצרי מתכת שיחזיקו מעמד שנים רבות בחדר המגורים שלנו, לא ישרדו שעות ספורות בים המלח. צבעים וציפויים שונים יאפשרו למוצרים להתמודד בפני חומרים תוקפניים. קרינת השמש יכולה לקצר את חייהם של חומרים פלסטיים, וכך גם חומרי ניקוי שונים.

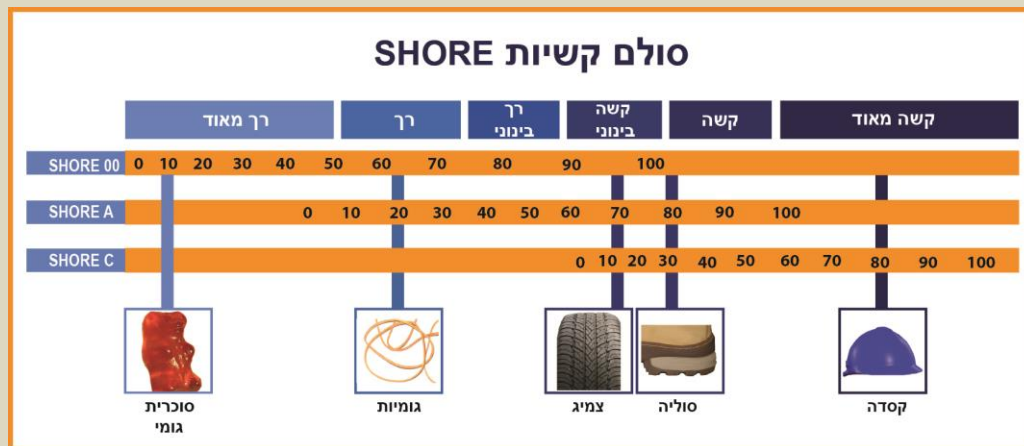
תכונות פיזיקליות	תכונות מכניות	תכונות כימיות
משקל סגולי	עמידה במתיחה	עמידות בפני קורוזיה
צבע	קריסה	עמידות בחומרים שונים
ריח	פיתול	מסיסות בחומרים שונים
נקודת קיפאון/ היתוך	גזירה	רעילות
שקיפות/ אטימות	נוקשות /גמישות	
הולכת חום	אלסטיות/ פלסטיות	
התפשטות בחום	חשילות (משיכות)	
צמיגות		
הולכה חשמלית		
מגנטיות		

איך בוחרים ספוג?

כאשר אנחנו נדרשים לחומר ספוגי בעבור כיסא שעיצבנו, אנו מחפשים שתי תכונות מרכזיות אשר שילובן יאפשר לנו לבחור בספוג המתאים: תכונת הקושי (התנגדות החומר לשיקוע גוף זר בתוכו) ותכונת האלסטיות (יכולתו של חומר לחזור למצבו לאחר עיוות). אלו יאפשרו לנו לבחור בחומר בעל דרגת הרכות הנוחה והמתאימה לנו.

הקושי הוא הנתון הקובע את מידת שקיעתנו במושב, והאלסטיות כוללת נתונים נוספים החשובים לנו: באיזה קצב החומר חוזר למצבו הקודם? מה יקרה אחרי שנשתמש בו אלף פעמים? מה יקרה בשינוי טמפרטורה? האם אלו תכונות פיזיקליות או מכניות?

אנחנו יכולים לבחור את היעילות על ידי איתור הספוג המתאים לנו תוך בחינת התנהגותו, ולשאול את כל השאלות הנוספות במחשן הספוגים. אבל כדי לקבל ולהעביר מידע מדויק ליצרן וללקוח, עלינו להכיר את הערך שניתן לחומר הגמיש בסולם "שור" (Shore Hardness), הנותן ערכים לקושי של חומרים, בדגש על חומרים אלסטיים.



מלבד תכונות אלו, שהן תכונות פיזיקליות בסיסיות לבחירה של החומר, אנו צריכים לדעת גם אם החומר יספוג מים, מה החוזק שלו לקריעה, האם ובאיזה אופן הוא בוער (האם הוא עמיד בתקן המחייב לחדרי ילדים למשל?), האם יש לו ריח? וכמובן, מלבד תכונות החומר כחומר, מעניין אותנו מה מחירו ובאילו מידות ניתן להשיג אותו.

מעצבים עוסקים בעיקר בצד האיכותי של החומרים, והם נדרשים לנתוני תכונות החומר בקירוב ולא לדיוקם המוחלט וה"מדעי", אלא אם התבקשו לעמוד בתקנים ובמפרטים מחייבים (כמו למשל כאשר מתכננים לילדים, לאחסון מזון, מוצרים חשמליים, מבנה כלשהו וכדומה).

לרוב חומרי הגלם (מתכות, חומרים פלסטיים ואחרים) קיים באתר היצרן "דף תכונות", המתאר באופן כמותי את תכונותיהם. כאשר בודקים את תכונות החומרים, רצוי להיעזר בטבלאות השוואה המאפשרות להתרשם ממיקומו של החומר שאותו מחפשים בין שאר החומרים.

כיצד השפיעה בחירה לא נכונה של חומר על טביעת הטיטניק?

הטיטניק נבנתה באירלנד. היא תוכננה במיוחד כדי לעמוד בתנאים הקשים של צפון האוקיינוס האטלנטי, ועל כן המעטפת החיצונית שלה הורכבה מ-2,000 יריעות פלדה גמישות וחזקות. שלושה מיליון מסמרות מברזל רקוע ומפלדה חיברו את כל החלקים. הטיטניק צוידה באמצעי הבטיחות החדשים ביותר, לרבות 15 מחיצות אטומות למים שחוברו לדלתות חשמליות ומשוכללות.

ארבעה ימים לאחר צאתה של הטיטניק להפלגת הבכורה שלה לניו-יורק, ב־14 באפריל 1912, בשעה 23:40 (לפי שעון הספינה) התנגשה האנייה בקרחון וטבעה בתוך שעות ספורות.



שנים לאחר האסון חקרו אנשים מקצועיים את האירוע כדי לבדוק מי אשם בטביעתה של הטיטניק. לבסוף הגיעו למסקנה כי בניית דפנות הספינה הייתה הגורם המרכזי לאסון. בזמנו אחד הפטנטים היה להכניס סיגי זכוכית אל התערובת שמהן הכינו את המסמרות שחיברו את לוחות הפלדה שמהם נבנה גוף האונייה. במקרה של בניית הטיטניק התברר כי הוספו יותר מידי סיגי זכוכית, והמתכת של המסמרות הפכה פריכה. בגלל ההתנגשות העזה עם הקרחון כשלו המסמרות, ולא עמדו בלחצים אשר מסמרות תקינות היו אמורות לעמוד בהן. כך קרה שמרכיב כה זעיר בבניית האונייה גרם לאובדנה.

מתכת

כל אחד מאתנו מכיר היטב מגע של מתכת. מי לא ליטף פעם את פח המתכת הצבוע והממורק של מכונית חדשה, חש באצבעותיו את חומה של כף מרק מהביל, נהנה ממגע של מטבע בכיס או בחן את חודו של מתכת אינה מושג טכני המנותק מרגש. מראה, צליל, מגע ואפילו ריח של אולר שוויצרי מפלדה משובחת? מתכת מעלה אצלנו זיכרון למשהו. אנו מבקשים שברז האמבטיה יהיה מלוטש ומבריק, וגם מוכנים לשלם יותר בעבור ידית מקלחת-יד העשויה מפלסטיק ובלבד שיהיה לה ציפוי כרום בוהק. תעשיית המתכת הובילה את המהפכה התעשייתית לפני שתי מאות. כל מבנה מודרני מכיל מתכת בשלד שלו, ובכל מכונה, כלי רכב, מנוע ומחשב יש חלקי מתכת רבים.

מתכות כהגדרתן במילון:

"יסודות כימיים, שבמצב הצבירה המוצק שלהם מצטיינים במוליכות חשמלית ובמוליכות תרמית גבוהות, בכושר החזרה גבוה לקרינה אופטית, ובתכונות מכניות מיוחדות כגון חוזק רב ופלסטיות גבוהה. תכונה בעלת חשיבות טכנולוגית ממדרגה ראשונה היא כושרן של המתכות להתערבב אלה באלה או באלמנטות בכל מיני כמויות יחסיות וליצור מספר גדול של סגסוגות (נתכים, מסגים) בעלות תכונות מבוקשות". (מתוך הערך "מתכות" באנציקלופדיה העברית)

המתכות, שהן רוב היסודות בטבע, מאופיינות מבחינה כימית בחוסר מטען חשמלי (אלקטרונים). כדי להשיג איזון הן שואפות להתחבר עם היסודות שבצד הימני של לוח היסודות - האלמנטות (לאלה יש עודף יסודות מתכתיים, 80 מטען חשמלי), ולכן בטבע הן מצויות בתרכובות עם חומרים אחרים. קיימים קרוב ל- וגם הם נחלקים לתת-קבוצות לפי הגדרות ומיונים שונים. במצב "המתכתי" שלה, לאחר שהופקה בתהליכים שונים מעפרות טבעיות, מסודרים אטומי המתכת במבנה גבישי מסודר.

באלפי השנים שבהן בני האדם מעבדים מתכות הצטבר מאגר ידע עצום, המאפשר לאדם לייצר אוסף ענקי של תרכובות ממתכות שונות. מגוון תכונותיהן של תרכובות מתכתיות אלו כמעט בלתי מוגבל, והן מכונות: נתכים, מסגים או סגסוגות.



כיסא העשוי פח נירוסטה קפיצי Well-
Tempered Chair (1986) בעיצובו של
רון ארד.

המעצב יצא מהסטודיו אל המפעל ושם
פיתח את הכיסא תוך למידת תכונות
הפח ושיטות החיבור.



מתכת אמורפית. מיוצרת בתנאים
מיוחדים כך שמתקבלת מתכת בעלת
מבנה שאינו גבישי. אינה מחלידה,
כמעט ואינה מוליכה חשמל, קשה
וחזקה במיוחד. חזקה פי שניים ויותר
מטיטניום. משמשת למוצרים
ביטחוניים, ברפואה, למוצרי
ספורט, למוצרים חשמליים.



"נייר כסף" אינו מכיל כלל כסף ומכונה
כך רק בגלל צבעו. הוא בעצם רדיד
אלומיניום, המתכת הנפוצה ביותר על פני
כדור הארץ. עוביו פחות מרבע מילימטר.
משמש לבישול, אריזה ומוצרי בידוד.
מייצרים ממנו כמעט שני מיליון טון
בשנה.

מיונים שונים לקבוצות של יסודות מתכתיים:

מתכות אלקליות: ליתיום, נתרן, אשלגן רובידיום וצסיום. מאופיינות בפעילות כימית חזקה ביותר, ולכן אינן יכולות
גם אם יצליחו להפיק אותן, הן מייד מתחברות לחמצן או לכל דבר שמסביבן. להתקיים במצבן החופשי בטבע
משתמשים בהן שימוש רב בתעשייה הכימית כמרכיבים במלחים ובבסיסים שלהן, אך לא כמתכות חופשיות.
בתעשייה, רק הליתיום משתתף כמרכיב במסגים שונים. למשל, מסג של עופרת וליתיום משמש במסבים; צסיום
משמש בתאים פוטו-אלקטריים.

אקטינידים: 15 יסודות מתכתיים לא יציבים ורדיואקטיביים, ובהם גם אורניום ופלוטוניום.

לנתנידים: 15 יסודות מתכתיים כבדים. יסודות אלו משמשים בפלדות, ברפואה, ביישומי אנרגיה אטומית, לייזר
וקרינה.

מתכות "אצילות": הגדרה עממית לכסף, זהב, פלטינה ועוד. המתכות האצילות עמידות בפני חמצון באוויר (אינן
מחלידות). מתכות אלו מהוות בדרך כלל מרכיב בסגסוגות יקרות ומיוחדות; אנו מכירים אותן בעיקר בתכשיטים
ובמטבעות. נוסף על כך, זהב משמש לציפוי של מגעים אלקטרוניים, ואילו כסף משמש כבסיס ליצירת מראות.

משפחת המתכות כוללת עשרות סוגים. אנו נתייחס רק לחלק מהמתכות - אלו הנמצאות בשימוש בתעשייה:

המתכות התעשייתיות: הגדרה עממית למתכות השימושיות ביותר בתעשייה: ברזל, נחושת, אלומיניום, אבץ, בדיל, עופרת, כרום, ניקל, מגנזיום וטיטניום. הן מופקות בכמות הרבה יותר גדולה משאר המתכות. בחומרי גלם לתעשייה יש גם מתכות אחרות, שכמותן אמנם קטנה יחסית, אבל יש להן חשיבות במסגים שונים בגלל תכונה מסוימת המיוחדת להן. למשל, וולפרם (W) הנקרא גם טונגסטן, שטמפרטורת ההיתוך שלו גבוהה מאוד (יותר מ-3,400°C), וממנו עשוי חוט הלהט בנורות ליבון; קדמיום (Cd) משמש לציפוי; למוליבדן (Mo) טמפרטורת היתוך גבוהה והוא נוטל חלק בפלדות מיוחדות; מנגן (Mn) - בתעשיית הזכוכית ובסוללות ועוד.

נסקור את המתכות החשובות שבהן.

ברזל ופלדה: ברזל ופלדה הן המתכות המופקות בכמות הגדולה פי 10 ויותר מכל שאר המתכות גם יחד. לדוגמה, בשנת 2010 הופקו בעולם יותר מ-900,000 טון ברזל ו-1,300,000 טון פלדה. באותה שנה הופקו רק כ-25,000 טון אלומיניום! מבחינה כימית הברזל והפלדה כמעט זהים, מלבד אחוזים בודדים של פחמן, העושים את כל ההבדל.

ברזל: אחוז גבוה יחסית (כ-4%) של פחמן. הוא קשיח, נקבובי ומשתמשים בו לרוב ביציקה.

פלדה: בתהליך תעשייתי המשכי לתהליך הפקת הברזל מעפרות, בתנורים מיוחדים, מקטינים את אחוז הפחמן בברזל ל-2% ופחות. מקבלים פלדה אשר בהוספת מתכות בכמויות וסוגים שונים מתקבלת סגסוגת המתאימה לשימוש הנחוץ. כך אפשר לייצר מכונות, כלים, קפיצים, מקדחים ומנועים. תהליכים תרמיים של חיסום והרפיה מגדילים אף הם את טווח הביצועים של הפלדה לסוגיה.

אלומיניום: פחיות משקה קל, יריעת העטיפה הכסופה והדקה לשוקולד המשמשת גם לבישול ולעטיפה, כמו גם סירים, סירות, מטוסים, מנועים וחלקי רכב רבים - כל אלה עשויים מאלומיניום. חלקים רבים בבניינים מודרניים, חלקם בגוון טבעי וחלקם בציפוי צבעוני, גם הם עשויים מאותה מתכת, המתאימה למגוון שימושים. המוצר המוגמר עמיד בכל תנאי מזג אוויר ובקרינה, ולפיכך נפוץ בענף הבניין כאביזרי פרזול, קורות ולוחות חיפוי.

אלומיניום מצוי בכמויות כמעט בלתי מוגבלות - 5% מכדור הארץ הם אלומיניום. משקלו הסגולי כ-1/3 ממשקל הברזל והנחושת (2.7 גר"/סמ"ק). חסרונו הוא במחירו הגבוה, הנובע מהעלות היקרה של ההפקה. **נחושת:** אחת המתכות הקדומות שעיבד האדם, ובנתונים מסוימים הופיעה בטבע במצב חופשי. צבעה אדום-כתום, היא רכה, חשילה, בעלת יכולת ריקוע טובה ומוליכה מצוין חום וחשמל. במצבה הנקי משתמשים בה בכבלי חשמל ובמנועים חשמליים. בשימושים רבים בתעשייה משתמשים במסגי נחושת, שכן הנחושת הטהורה חלשה מדי. כאשר רוצים לקבל את הגוון המיוחד שלה במוצר כלשהו, מייצרים את המוצר מחומר אחר ומצפים אותו בנחושת.

פליז: מסג הנחושת הנפוץ ביותר בתעשייה, סגסוגת של נחושת ואבץ; צבעו משתנה מצהבהב הדומה לזהב עד לאדמדם עם עליית כמות הנחושת. הפליז נוח לעיבוד ומשמש לייצור תרמילי כדורים, כלי נגינה, חפצי נוי, רדיאטורים לרכב, מנורות ואביזריהן.

ברונזה/ארד: מסג של נחושת ובדיל. פסלי ברונזה מהמאות האחרונות נשמרים במוזיאונים ונראים בדיוק כמו ביום שנוצקו.

"עץ" תעשיית המתכת:

ל"עץ" תעשיית המתכת שורש עבה היונק מהמכרות ברחבי העולם, שבהם מצויות עפרות מתכת שונות. מהשורש מסתעף העץ למגוון "ענפים" עצום ומפותל של תהליכי ייצור במפעלים, ובקצהו של כל ענף "פרי" מיוחד לו - המוצר.

מהשורשים מתפצל העץ כבר בראשיתו לשני גזעים:

הגזע ה"גושני" – העוסק בגושי מתכת: יציקות בתבניות, חישול בחום או בקור, עיבודים שונים ההופכים גושי מתכת למשקלות, סירי "פויקה", מנועי מכוניות וגם ברגים ומטבעות; והגזע ה"קליפתי" – זה שענפיו יריעות, פחים וחוטי מתכת: אלו מרודדים, נמתחים ומעורגלים ואז מנוקבים, נחתכים, מכופפים ומחוברים כדי שיהיו לנו מכוניות, אוניות, מכונות כביסה, כיסאות וגם קופסאות שימורים, מנורות ומכשירי טלפון ניידים.

תעשיית המתכת אינה מרוכזת ב"פארק תעשיית המתכת" כלשהו. העץ הווירטואלי יכול להשתרע על פני מפעלים גדולים וקטנים בארץ ובעולם: החל בבתי מלאכה של אדם אחד וכלה בקונצרנים ענקיים ובהם אלפי עובדים. עץ זה מסתעף ומתעבה מדי יום ומדי שעה, ולפירותיו צורות וצבעים חדשים.



פעילות:

1. כדי להסביר את ההבדל בין מוצר קליפתי ובין מוצר גושני, אפשר לכופף ולעגל נייר וקרטון לעומת קרטון ביצוע או קרטון ביצים.
2. נסתכל סביב וננתח מוצרים בכיתה (מהדק משרדי, מחדד, מנקב, חלקי עטים) מבחינת תהליכי הייצור שלהם יציקה או מתיחה, ריקוע וכיפוף פחים.

ענף מוצרי המתכת הגושניים

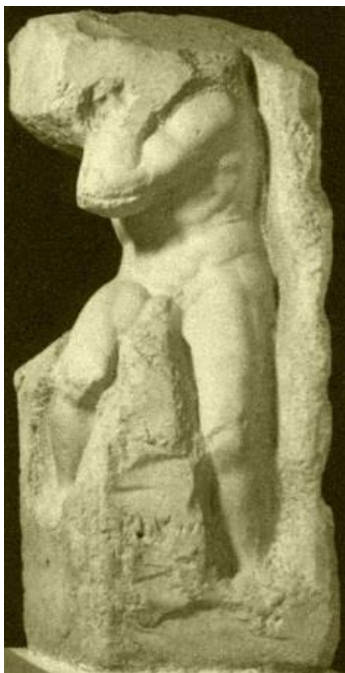
כשמזכירים מוצר גושני, לרוב חושבים על קובייה. בדרך כלל זו קובייה יפה, בפרספקטיבה הנכונה ובקווי מתאר מרשימים, אבל בכל זאת, כמה בראשיתי ובסיסי, קובייה...

הסיבה שדווקא היא חוזרת ומופיעה אינה סתמית. קובייה היא צורה פשוטה, הממלאת את המרחב הנתון במלוא נפחו בכל כיוון שבו היא מוצבת. כל ניסיון למלא חלל בגופים שאינם כה פשוטים יהיה מסובך יותר, אבל לפעמים אפשרי. אפשר למלא חלל בפירמידות, במבנים מרובי צלעות בעלי גיאומטריה מסוימת, אבל גופים עגולים, למשל, תמיד ישאירו חללים פנויים. העיסוק במוצרים גושניים הוא תמיד מורכב יותר מעיסוק במשטחים ויריעות, אך במקרים רבים מעניין יותר ונותן מגוון משמעותות ואפשרויות רחב בהרבה מעיסוק במוצרים שטוחים או קליפתיים.

איך נקבל מוצר גושני?

כל מוצר מתכת גושני שאנו בוחנים, יוצר באחד האופנים הבאים: החסרה, שינוי מצב צבירה, שינוי צורה או חיבור.

החסרה כאמצעי לייצור גופים גושניים מוכרת לנו משיטת ייצור פסלי האבן עוד משחר התרבות האנושית. השיטה לפסל בחומר טבעי גושני היא לגלות את הפסל הטמון באבן, בעץ או בעצם, לסלק את המיותר ולמצוא את הצורה החבויה בפנים.



הטכנולוגיה שבאמצעותה מבצעים תהליך החסרה בחומרי גלם תעשייתיים מוצקים כדי לקבל את החלקים החבויים בהם נקראת עיבוד שבבי. היא נקראת כך משום שבזמן הסרת חומר מגוש מתכת, כלי החיתוך מקלף "שבב" מתכת מסולסל ואופייני. תהליכים כמו קידוח, ניסור, חריטה וכרסום מאפשרים לנו להקנות את הצורה הרצויה לגוש החומר שלנו. עיבוד שבבי יכול להיעשות על מתכות, חלקים פלסטיים, עץ, אבן, וגם לוחות, יריעות ופרופילים שונים. לקבוצה זו של תהליכים מצטרפת קבוצה נוספת של פעולות העוסקות בפני השטח של מוצרים: שיוף, ליטוש והחלקה, וגם סוגים שונים של צריבה בחומרים מאכלים או סוגי אנרגיה.

החסרה:

פסל האסיר של מיכאלאנג'לו הוא דוגמה מובהקת לדמות הכלואה באבן שהאמן צריך רק לשחרר אותה...

דוגמאות לתהליכי עיבוד שבבי במתכת:

ליטוש: החלקת פני שטח של מוצר 	כרסום: שיטה לקבלת חלק בצורה רצויה 	ניסור: חיתוך תוך כדי יצירת שבבים 	קידוח: שיטה ליצירת פתחים עגולים 	חריטה: שיטה לייצור חלקים עגולים 
--	---	--	--	---

שינוי מצב צבירה: יציקה, הזרקה. מוצרי מתכת יצוקים נעשו בידי האדם כבר בתקופת הברונזה (באלף החמישי לפני הספירה, לפני כ-7,000 שנה), כאשר אבות אבותינו יצקו צלמיות אלים וחלקי תכשיטים מנחושת ומזהב בתוך תבניות שנחרטו באבן גיר רכה. התהליך הבסיסי המשמש כיום ליציקת מוצרים ממתכת לא השתנה שינוי מהותי מאז אותה תקופה. מאז, במשך אלפי שנים פותחו טכנולוגיות יציקה נוספות אשר דיוקן, מורכבותן ואיכותן מאפשרים לייצר מוצרים אחדים או עשרות אלפי מוצרים. ברבים מהחפצים סביבנו יש חלקים ביציקת מתכת: מנוע רכב וחלקים רבים נוספים כמו מנוע המגבים, משאבות שונות ועוד; ברזים, מחברי צנרת, פריטי מנורות רחוב וספסלים, מכסי ביוב, חלקי מכונות ועוד. שלא כעיבוד שבבי, שבו מקלפים את החומר המיותר כדי להשיג את הצורה הנדרשת וחוזרים על פעולה זו בכל מוצר

ומוצר, הרי ביציקה, לאחר שמשקיעים בתבנית או במודל, ניתן לצקת מוצרים רבים שוב ושוב, בלי לבזבז חומר גלם ובמינימום טעויות. קיימות טכנולוגיות יציקה רבות המותאמות לסגסוגות ולמוצרים בגדלים שונים, בצורות שונות ובכמויות שונות.

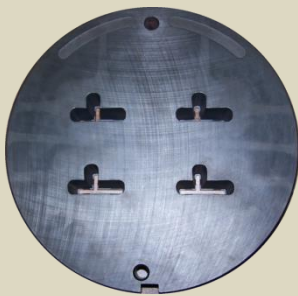
יציקה. הפעמון לשלום העולם המוצב בעיר ניופורט במדינת קנטקי, הוא אחד מ-20 "פעמוני שלום" בעולם. משקלו יותר מ-33 טון, ומיום יציקתו ב-1998 ועד לשנת 2006 הוא היה הפעמון הכבד בעולם. יצקו אותו מברונזה המכילה 80% נחושת ו-20% בדיל. הפעמון מוצב בראש מגדל שגובהו מעל 400 מטר.



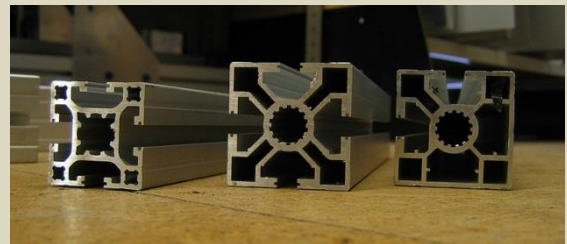
שינוי צורה: בתמונה קלאסית המתארת ייצור מוצרי ברזל, נפח חסון-זרועות אוחד בפטיש כבד ומכה במוט ברזל מלובן המונח על סדן. לקצב הלמות הפטיש הופך מוט הברזל לחרב חדה ומעוצבת, למגל או לחרמש; בהמשך, המתכת הלוהטת מצוננת במים או מוכנסת לערמת פחמי אבן כדי להקשיח את פני השטח שלה. חישול, מבלטנות וכבישה של מתכת הם שמות מקובלים לתהליכים שונים בתחום שמוגדר גם כ"עיבוד פלסטי של מתכות", שבו צורת החלק משתנה ללא שינוי במצב הצבירה של החומר. עבודות מכבש שונות נעשות בפחים ובגושי מתכת, ובהן שיחול (אקסטרוזיה), לחצנות, ערגול, מתיחה עמוקה, הטבעה ועיצוב צורה במבלטים שונים.

שיחול (אקסטרוזיה):

פרופילי זכוכית, מתכת, גומי ופלסטיק קשיחים או גמישים מיוצרים במפעלים שונים ובטמפרטורות שונות, אבל העיקרון דומה לזה שבו אנו מקשטים עוגה בקצפת: החתך האחיד של נחש הקצפת על העוגה תואם את הצורה שבקצה קונוס הפלסטיק של המזרק או השרוול שאותו מילאנו בקצפת. אנו מוקפים פרופילים שונים. רוב הפרופילים סביבנו, כמו חלונות אלומיניום מכל הסוגים והצורות, האטם בדלת המקרר והמכונות, צינור ההשקיה בגינה, צנרת הפלסטיק למים ולביוב, כולם עשויים בתהליך הנקרא שיחול. חומר הגלם - אלומיניום, נחושת, חומר פלסטי - מחומם לחום הנמוך מעט מנקודת ההתכה שלו, וכשהוא במצב דמוי בצק נדחף בכוח דרך פתח בעל צורה הרצויה לנו, הנקרא דיזה או נחיר. מתקבל פרופיל בעל חתך אחיד לכל אורכו אשר נמתח ומיושר, צורתו מקובעת לממדים המדויקים, והוא מקורר ונחתך למידה הרצויה.



דיזה (נחיר) לייצור פרופיל



פרופילים שונים מאלומיניום

חיבור: בניית גוף תלת-ממדי על-ידי חיבור רכיבים באמצעים שונים. למשל: כבישת אבקות מתכת מסוגים שונים, קרמיקה, מלט, מגנטים, הדבקה, שיטות להדפסה תלת-ממדית ועוד.

סינטור אבקות מתכת - Sintering:

טכנולוגיית ייצור באבקה המאפשרת לממש את השאיפה לייצר מאות עד אלפי חלקי מתכת בשעה, בדיוק רב ובגימור מושלם. התהליך מתחיל בערבוב אבקה של מתכות היסוד עם חומרי שימון וסיכה לתערובת אחידה. בהמשך דוחסים כמות מדודה של אבקה לתוך תבנית בכוח של עשרות טונות. החלק המהודק מוסע לתנור, המחמם אותו לטמפרטורה הקרובה לטמפרטורת ההתכה שלו. קשרים מטלורגיים נוצרים בין החלקים הדחוסים, ומתקבל חלק מדויק וחזק. אפשר להשתמש בחלק כפי שיצא מתהליך הייצור, או לפי הצורך – לאחר עיבוד מכני, טיפול תרמי או ציפוי.

שוק הרכב הוא השוק העיקרי המשתמש בטכנולוגיה זו; בכל מכונית יש כמה עשרות חלקים המיוצרים מאבקות מתכת - מכסי מסבים ראשיים במנוע, בסיס למנוע מגבים, גלגלי שיניים במכלולים רבים ועוד; כמעט 15 ק"ג ממשקלו של כלי רכב ממוצע עשוי בטכנולוגיה זו. בסינטור מייצרים גם מגנטים, מטבעות, גלגלי שיניים וחלקים נוספים למדפסות, לסורקים וכדומה.

לא כל חלק ניתן לייצור בסינטור. רצוי שלחלק יהיה חתך עובי אחיד, שטוח, בלא צורך בזוויות חליצה.

ניתן לייצר בסינטור בכל סוגי המתכות: פלדות בלתי מחלידות, ברזל, אלומיניום, וגם בתחמוצות שונות ובחומרים קרמיים.

פעילות:

1. בדיקת השיטות השונות לייצור מוצרים גושניים: באמצעות דוגמאות מחומרים אחרים כמו עץ, אבן (החסרה), שעווה (שינוי מצב צבירה), פלסטלינה או קרמיקה (שינוי צורה) ובניית עוגות חול בחוף הים (חיבור).
2. שיוך המוצרים הגושניים סביבנו לאופן הייצור שלהם.
3. חיפוש שילובים של כמה שיטות ייצור (למשל, יציקה שנעשה בה עיבוד שבבי).
4. חיפוש יתרונות, חסרונות והתאמה לשימוש בשיטות ייצור שונות.
5. דיון: ההשקעה הגבוהה יחסית בייצור תבנית ליציקה, והיתרון המושג בייצור כמותי.

טבלת תכונות בסיסיות של מתכות:

הערה: התכונות המצוינות כאן קיימות בכל המתכות, אך עוצמתן משתנה באופן דרמטי בין מתכות וסגסוגות שונות.

תכונות פיזיקליות	תכונות מכניות	תכונות כימיות
מוליכה חשמל	עמידה בפני קריסה, מתיחה ופיתול – בדרגות שונות לפי סוג המתכת	מתחמצנת במגע עם אוויר; (לגבי המתכות האצילות, נכון במידה מזערית בלבד)
המתכת אטומה לאור	ניתנת לחישול וריקוע	המתכת נתקפת על-ידי חומצות

ענף מוצרי המתכת ה"קליפתיים"

נסתכל על קבוצה גדולה של מוצרים סביבנו: מקררים, מגהצים, תנורים, מכונות, מחשבים ועוד רבים אחרים. רבים מהם ניתן להגדיר כ"קופסאות" ייעודיות. המקרר הוא קופסה לשמירת מזון או דברים אחרים בטמפרטורה מסוימת, המכנית היא קופסה ניידת להובלת אנשים או מטען, והמחשב הוא קופסה המכילה כרטיסים אלקטרוניים.

קופסה היא כאמור שם כללי למערכת המכילה רכיבים שונים. בנוסף, עליה לאפשר את השימוש שלמענו היא נוצרה: המקרר יכיל מערכת קירור, ויסות טמפרטורה ומדפים לאחסון.

ההיבט התפקודי של הקופסאות השונות סביבנו יחד עם הנדסת האנוש, כלומר התאמת המוצר למשתמש, הן משימות אשר טכנולוגיית הייצור הנבחרת חייבת לפתור.

אנו מעוניינים להגיע ל"קופסאות" יעילות. קופסה שתכיל את כל המרכיבים הנחוצים לתפקודה, בנפח הקטן ביותר, במשקל הנמוך ביותר וכמובן גם במחיר הנמוך ביותר. בנוסף, לכל "קופסה" יש מאפיינים ייעודיים: מחשב צריך אוורור, מכנית מחייבת מבנה אווירודינמי ועל המקרר להשתלב בין ארונות ואביזרי מטבח אחרים.

התפתחות הטכנולוגיה במשך השנים הביאה את המעצבים והמהנדסים לייצר קופסאות יעילות יותר ויותר.

המחשב הוא מערכת היודעת לבצע חישובים מתמטיים ולאחסן מידע. המחשב מאוחסן בתוך קופסה.

ENIAC, אחד המחשבים האלקטרוניים הראשונים, היה מכונה במשקל 27 טון שנקראה "החיה", והתחיל לפעול ב-1946.

אחריו, בסוף שנות הארבעים של המאה ה-20, יוצרה באנגליה סדרה של מחשבים אלקטרוניים בינאריים בשם EDSAC, שהיו הראשונים שחישוביהם נעשו על בסיס בינארי (2 במקום 10, שהיה הבסיס החישובי קודם לכן).

בתחילת שנות החמישים, חברת IBM החלה לייצר מחשבים בארצות הברית. הדור השני, IBM 650 כבר שקל רק 900 ק"ג, אבל היה זקוק לספק כוח שמשקלו 1,500 ק"ג, שהוחזק בחדר אחר...

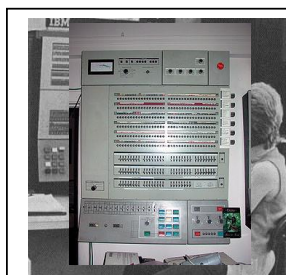
בשנות השישים והשבעים נפח המחשבים קטן ויכולת האחסון והעיבוד שלהם גדלה. בשלב זה, ה"קופסה" של המחשב הייתה רק בגודל של ארון: מחשבי IBM 360, דיגיטל, יוניוואק ואחרים.

אפל ב-1977 ו-IBM ב-1981 שינו את עולם המחשבים לחלוטין, כאשר בנוסף למחשבים המרכזיים ששלטו בשוק החלו את עידן המחשב האישי. מכאן ועד זמננו היו שינויים של מזעור נוסף בגודל הקופסה ואמצעי האחסון: סלילים הפכו לתקליטים, אלו נהיו לתקליטונים ולבסוף יש לנו התקני זיכרון ניידים (דיסק און קי) שכל אחד מהם מכיל מידע בכמות העולה פי כמה מיליונים על המחשבים המרכזיים הראשונים.

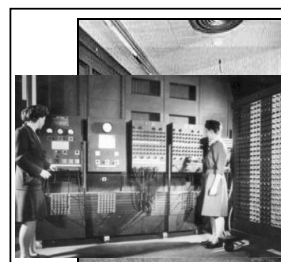
במקביל גדלה בסדרי גודל עצומים יכולת החישוב: IPAD2 מבצע 1.7 מיליארד חישובים לשנייה, קצת יותר מ-APPLE II שידע לבצע כ-30 שנה קודם לכן 20,000 חישובים לשנייה...



IPAD2 מתוצרת אפל 2011 –
גודלו 15x20 ס"מ ומשקלו כ-700
גרם



IBM 360 משנת 1964
שגודלו 150x75 ס"מ
ומשקלו 280 ק"ג

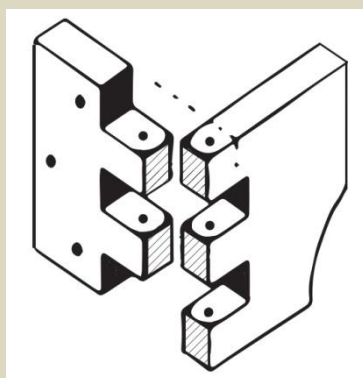


מחשב אנגלי מדגם ENIAC
משנת 1946 בגודל בית
ומשקל של 27 טון

איך בונים "קופסה" מפח?

פח מתכת (sheet metal) הוא כינוי ליריעת מתכת מלבנית המסופקת לפי עובי ומידה, והניתנת (בהתאם לסוג המתכת והסגסוגת) לחיתוך, כיפוף, ערגול, ריתוך, ריקוע ועיבודים אחרים. בפרקים הבאים נדון בכמה תהליכים ההופכים פח למוצר. לא מדובר בתהליך סטנדרטי או ברצף סטנדרטי של תהליכים; מהלך הייצור משתנה ממוצר למוצר לפי עיצובו, מורכבותו והגורמים הרבים המשתלבים בייצור ומשפיעים עליו. כל תהליך שיוזכר כאן וכן רבים שלא יוזכרו - כולם קיימים כדי לתת מענה לצורך כלשהו בשלב ייצור מסוים. קרוב לוודאי שלכל שלב בתהליך יש דרך שונה מזו שהייתה נבחרת לו המוצר היה שונה בקווים שלו, בכמותו או בסביבה שבה משאבים שונים.

כמעט שלא קיים מצב שבו "רק כך" מבצעים פעולה מסוימת. השיקולים אם לייצר חלק כלשהו או להזמין מבחוץ, אם לחבר שני חלקים בברגים בריתוך או בהלחמה ואם הגימור יהיה צבע או תהליך אלקטרו-כימי - שיקולים אלה מורכבים, ותלויים בגורמים רבים המשתנים ממוצר למוצר: כמות המוצרים, רמת האיכות הנדרשת, זמינות החלקים או הטכנולוגיה, העדפות אישיות של המתכנן או ידע מוקדם על קיומה של אפשרות אחרת. אפשר שיהיו כמה פתרונות "נכונים" או אף לא פתרון נכון אחד (ולכן צריך לשנות את התכנון...).



חיבור מבני לאחר עיבוד שבבי
של קצות החלקים המשתתפים

מפעלי המתכת השונים משתמשים במגוון עצום של טכנולוגיות שונות לייצור מוצרים. יש עשרות שיטות לכל תהליך שניתן לבצע על פח מתכת. ניתן לחתוך פחים בקווים ישרים ועקומים באמצעות לייזר, מים, מבלטים שונים ואפילו קרן אלקטרונים. אפשר לכופף, לערפל, לנקב, לקדוח ולהבליט; לבצע לחצנות, מתיחה, הטבעה ומעיקה. ניתן לייצר מפחים פרופילים שונים, כיפות, קופסאות, מגשים וארונות, סבכות ורשתות. העושר האינסופי כמעט של טכנולוגיות העומדות לרשות המתכננים והמעצבים מאפשר בעצם לבצע כל מה שעולה בדמיונם.

בזכות מגוון הטכנולוגיות הקיימות, המושג "קופסה" הפך לרחב ביותר: אין מדובר במוצרים "מרובעים", עם כל ההקשר הרגשי שאנו משייכים למושג הזה. היכולות המרחביות של המעצבים והתעשייה הפכו את מוצרי הצריכה שלנו למעניינים הרבה יותר.

טוסטר (מצנן) משנות העשרים של המאה ה-20, בדומה למכוניות מאותה תקופה (מודל T של פורד), מבטאים יכולת ייצור מסוימת של תעשיית המתכת. עם השכלול ביכולת הייצור בתעשיית המתכת, נעשו המוצרים בעלי קווים תלת-ממדיים עמוקים ומרחביים יותר, והגימורים איכותיים ו"מטליים" יותר.



בהמשך נתוודע ליכולת הייצור שפתח לפנינו עולם הפלסטיק. מוצרים קליפתיים בעלי היסטוריה ומסורת של מוצרי מתכת "הפכו את עורם" ומיוצרים מחומרים פלסטיים, הנותנים להם טווח אפשרויות שונה לגמרי (למשל מוצרים שיוצרו בעבר מפחי מתכת מוצרים כיום מפלסטיק: דלי לשטיפת רצפה, פגוש של מכונית, מעטפת של מיקסר).

למה, כמה ומתי משנים טכנולוגיה?

חברה מסוימת המייצרת מוצר מסוים, נתקלת בשלבים שונים של חיי המוצר בצורך לעשות שינוי כלשהו, המחייב להחליט אם לעבור לטכנולוגיית ייצור שונה, ואם כן, לאיזו טכנולוגיה. ביקוש רב למוצר, עיצוב חדש, שינוי במשקל המוצר וכדומה הם סיבות לשינוי. אין מספר מוגדר של מוצרים או מספר קסם שבו צריך "להחליף" טכנולוגיה, אלא החלטה המתקבלת משילוב גורמים, כמו למשל ציפיות הקשורות בשיווק המוצר, אפשרות וזמינות של טכנולוגיה חלופית, מצב החברה ויכולתה לעמוד בעלות ההשקעה הנדרשת ו"אומץ" של מקבלי ההחלטות.

בזמן קבלת ההחלטות "הגורליות" בנושא של בחירת טכנולוגיה רצוי שמקבלי ההחלטות יתייעצו לא רק עם אנשי העיצוב, ההנדסה והטכנולוגיה, אלא גם עם אנשי השיווק וחשבי החברה שלהם, וכך יוכלו להתייחס לאילוצים מהצד השיווקי: סיכויי המכירה, צפי לכמויות בפרקי זמן בעתיד, גודל הזמנה פוטנציאלית וכדומה.

עץ

יש מקום להניח כי לפני שאבותינו הקדמונים החלו לסתת ראשי חץ מאבן, הם כבר השתמשו באלות עשויות מעץ. היתרון של העץ שאין צורך לצוד או לחפש אותו: הוא גדל בכל מקום, הוא אינו תוקפני (מלבד אלו הקוצניים...), ואם צריכתו מבוקרת הוא אינו מתכלה (נטיעה וכריתה מבוקרות של יערות, כפי שנעשה כיום בעקבות תקנות בינלאומיות שונות, מבטיחות הספקה אינסופית של חומר הגלם האיכותי הזה). עם מגוון של למעלה מ-30,000 צמחים על שלל תכונותיהם, העץ הוא עדיין חומר הגלם הנגיש והזמין ביותר לשימוש, והוא נותן מענה מצוין לדרישה ההולכת וגוברת של האנושות לחומרי גלם. המינים השונים של העצים מובדלים ביניהם בצבע ובדוגמה. אלו נוצרים כתוצאה מאופי הסיבים, כיוונום וסידורם בכל מיני אופנים.

יש לזכור שמלבד היותו חומר גלם תעשייתי למוצרי ריהוט ובנייה, העץ משמש גם לייצור נייר וקרטון, להסקה, כחומר גלם לתעשייה הכימית (במידת הצורך ניתן לייצר ממנו חומרים פלסטיים), וכמובן "חומר גלם" לפארקים ולגנים המתפקדים כריאות ירוקות במרכזים עירוניים עתירי זיהום סביבתי בכל רחבי הגלובוס.

עץ טבעי משנה את ממדיו עקב שינוי בלחות - הוא מתרחב ומתכווץ (כולנו מכירים את תופעת הדלת החורקת, שהתרחבה מעבר למידותיה המקוריות). עץ נטול הגנה כלשהי מזדקן, וצבעיו נוטים להיות בין אפור לשחור. בטכנולוגיה מתקדמת ניתן להתגבר על החסרונות ולשפר תכונות של עץ בטיפולים ובעיבודים שמקנים לו עמידות בבלאי, באש, כנגד חרקים ובהתייבשות. כך הוא משתלב בחומרי בנייה מודרניים בתוספת תכונות טובות משלו: חומר נוח לעיבוד, קל, חזק, מבודד מצוין מחום, מחשמל ומרעש וכן בעל מראה טבעי, משרה אווירה נעימה וחמה, ולו שלל מרקמים וצבעים. בסך הכול מגוון תכונות מסייעות לו להשתלב בהצלחה באדריכלות המודרנית.

אחת התופעות הקיימות בעץ היא הקשרים ("העיניים") במקומות היציאה של ענפים; לפעמים כשהם חופשיים הם נוטים ליפול, ומחלישים את לוח העץ בגלל עיוות הסיבים שסביב לעין.

כמה וכמה אויבים עלולים לפגוע במוצרים או במבנים העשויים מעץ. לדוגמה: עובש, פטריות, חרקים קודחי עץ, אש, חשיפה לתנאי מזג אוויר שונים כמו שמש, רוח וגשם, וחשיפה לתנאים חיצוניים כמו חול שוחק. כל אלו יכולים לתקוף את העץ, ולכן צריך להתאים ולהכין את העץ לשימושו השונים. אפשר להסיר את הסיכונים שהעץ חשוף אליהם באמצעות טיפולים הנעשים לפני הייצור או לאחריו. ניתן לספק הגנה מפני כל הסכנות האלה גם לעץ טבעי וגם לעץ מעובד, אך יש להכיר את המגבלות ואת עלותן.

תדמיתו של העץ הגושני גבוהה, וריהוט העשוי ממנו מוערך ביותר. ואולם, יש לו מגבלות: חוסר אחידות, מבנה סיבי, התעקמות ופגמים, מרקם וחוזק שונים, קושי בהשגת גושי עץ גדולים. מגבלות אלה אינן מאפשרות שימוש תעשייתי נרחב בעץ כחומר גלם בריהוט או בניין.

עץ מעובד: כדי להתגבר על "עודף התכונות הטבעיות" של העץ, המקשה על השימוש בו, פותחו שיטות ייצור תעשייתיות, המאפשרות לייצר מעצים מסוגים שונים ומגדלים שונים חומר גלם שמידותיו ותכונותיו אחידות ונשלטות, ממש כמו מוצר מתכת שיצא מתבנית. בשיטות אלה מייצרים לוחות עץ תעשייתיים אחידים בגודל, במשקל ובעובי החומר. לוחות אלו, ברמות איכות שונות, הם כיום חומר הגלם המרכזי בתעשיית הריהוט.

כמו בכל חומר גלם, גם כאן צריך להכיר את התכונות המתאימות לכל יישום ואת ההבדלים שבין סוגי העץ, הטבעיים והמעובדים, כדי להגיע ליישום מיטבי. שלושת המעצבים המוזכרים כאן השתמשו בשיטות

דיקטים (לבידים, עץ לבד): עשויים משכבות ניצבות זו לזו, וכך מנוטרלת הכיווניות המאפיינת עץ גושני.

חריט ריטוולד (1888-1964) אדריכל ומעצב הולנדי. "הכיסא האדום והכחול" שלו בנוי מקווים וממשטחים, בהתאם למגמה שלו לייצג אלמנטים גרפיים. המחברים שפיתח ברוח זו הם נסתרים. 	ארנה יאקובסון (1902-1971) אדריכל ומעצב דני, אחד מאבות הזרם המודרניסטי. ידוע בין השאר במוצרי הלמינציה שלו. כיסאות הלמינציה חזקים יותר מאלו של טונה, והטכנולוגיה מאפשרת גם ייצור של משטחים. 	מיכאל טונה (1796-1871) פיתח וייצר את הכיסא התעשייתי הראשון. כנגר אומן הוא השתמש בקיטור, טכנולוגיה שהייתה חדשה בתקופתו, כדי לכופף חלקי עץ, ועיצב מהם סדרה של כיסאות. דגמים שונים בעיצובו מיוצרים עד היום. 
---	---	--

הדיקט מצליח לשמור על יציבות מידותיו, וביישום נכון אינו מתעקם. הוא מיוצר בהדבקת שכבת פורניר בכיוון סיבים הניצב לשכבת פורניר אחרת. מספר השכבות בדרך כלל אינו זוגי, וזאת כדי לקבל שכבות סיבים חיצוניות באותו כיוון. בתחילת המאה ה-20 החלו לייצר דיקט בייצור תעשייתי ובשיטות ייצור מודרניות. טכנולוגיות נוספות (למשל, ייצור לוחות סיבית למיניהם בשנות השישים של המאה ה-20, MDF ו-OSB בשנות השמונים) הפכו את הלוחות התעשייתיים לחומר בנייה עיקרי של תעשיית הבניין והריהוט בעץ במקומות רבים בעולם.

למינציה של עץ היא טכנולוגיה שבה העץ מודבק בשכבות מקבילות או שאינן מקבילות ומשמש לקורות, עמודים וקשתות במבנים, לרגליים ומשטחי ריהוט, לסירות ומדחפים (פרפלורים) למטוסים. אפשר ליצור

משטחים גדולים וחזקים יותר מאלה העשויים מעץ טבעי, להתעלם מפגמים טבעיים בעץ ולקבל מבנה בחוזק הניתן לחישוב. שימוש בגושי עץ קטנים ודקים יותר, שמחירם זול יחסית, מחליף קורות גדולות ויקרות. מוצר כמעט מוגמר מתקבל לאחר הדבקה והידוק בתבניות צורתיות, בתהליכים הכוללים לפעמים הרטבה של חומר הגלם או ריכוכו בקיטור. שיטה זו משמשת לייצור רהיטים כמו מושבי כיסאות ומשענות, חזית של ארונות ושדות וציפוי קירות.

לוחות משבבי עץ: לוחות העשויים משבבים או מעץ מרוסק הטבולים בדבק. כך אפשר לכבש את הלוח בכל מיני עוביים וצפיפויות, ולחסוך בהוצאות הנובעות מעיבוד יקר.

שיקולים בבחירת העץ כחומר גלם:

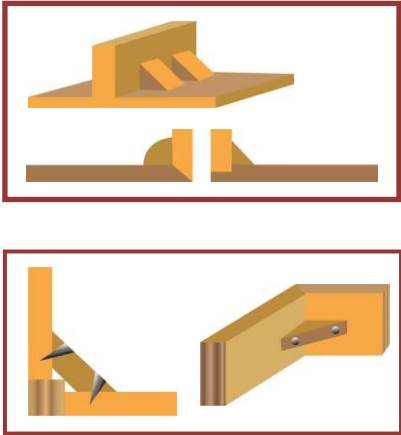
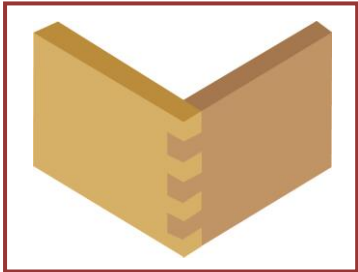
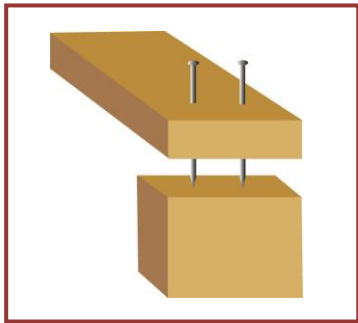
בחירת סוג העץ קשורה בתפקודו ובמקומו של המוצר כולו או של החלק המיוצר מעץ. האם עליו לתפקד כמרכיב חוזק, כמרכיב ויזואלי או שניהם? כאשר התפקוד מבני, יש לבחון את העץ בקפידה ולדאוג למבנה מסיבי, שכן תכונותיו המכניות חלשות בהרבה מאלה של פלדה, אם כי חזקות מאלה של פלסטיק. יש להתחשב בכיוון הסיבים - עמוד תומך המונח במאונך חזק מאוד, אבל כשהעמוד יונח במאוזן הוא יקבל "בטן" וישקע עם השימוש והעומס. אם נדרש חוזק מכמה כיוונים, יש להשתמש בשילובים של קורות מעץ טבעי או מעץ לבוד לסוגיו, הקיים גם בגימורים טבעיים כשהוא מכוסה בפורניר, וגם בדמוי גימור טבעי כשהוא מצופה במלמין.

חיבורים:

הגישה לטכנולוגיית החיבור בעץ שונה כשמדובר בעץ טבעי לסוגיו - עץ שרמת הלחות שלו משתנה, וכן מידותיו ומצבו ביחס לחלקים אחרים במערכת, שאינם עשויים מעץ. קיימות שתי משפחות של חיבורים:

1. חיבורים העשויים מהעץ עצמו (שילובים שונים בין קורות או לוחות כמו זנב סנונית, למלות וכדומה) בשילוב הדבקה בדבק מתאים יאפשרו הצמדה איכותית של חלקים.

2. חיבורים המשלבים ברגים. קיים מבחר עשיר של פרזולים, הכולל חיבורים, מסילות, צירים, ידיות ומפרקים שונים, המאפשרים ייצור תעשייתי של נגרות בניין וגגות, שולחנות, כיסאות, ארונות מטבח ובגדים, מיטות, שידות וכל צורך שהוא.

מחבר עם זוויתנים. תוספת של זוויתן המגביל את חופש התנועה של המחבר מאפשרת לייצר מחבר אמין וחזק, בהשקעה נמוכה יחסית. 	זנב יונה. חיבור חזק ואיכותי בין שני לוחות עץ, המשתמש בגיאומטריה מתוחכמת של קווים ישרים. דורש דיוק רב ושימוש בכלים איכותיים. 	חיבור פשוט. גם תוספת של דבק ומסמרים לא יגרמו לחיבור המתואר באיור זה להיות איכותי ולשרוד לאורך זמן ברהיט שמופעלים עליו כוחות ועומסים, כמו כיסא או שולחן. 
---	--	---

תהליכי עיבוד עץ בתעשייה:

בתעשיית העץ משתמשים בצידוד מקצועי הכולל אמצעי ניסור, הקצעה, קידוח וליטוש מיוחדים לעץ. קיים תחום תעשייתי שלם ובו נעשה עיבוד שבבי, כרסום וחריטה - רגילה או אוטומטית. ידיות למברשות ומטאטאים, מוטות עגולים, קושרות מעוצבות ומוצרים שלמים כמו חלקי מנורות, פמוטות וכדומה מיוצרים בסדרי גודל תעשייתיים. ניתן לחתוך עץ באמצעות קרן לייזר (החתך נצבע בשחור משום שהקרן חורכת את החומר), או להפיק בכרסום CNC תבליטים שונים על מוצרי עץ, טבעיים או מלאכותיים.

יציקת עץ. גזעי עץ לאחר עיבוד מכני מינימלי מסודרים בתבנית יחד עם חומר פלסטי, הממלא את החלל, ויוצרים יחד אווירה טבעית. תהליך דומה ניתן לבצע עם שבבי עץ ולקבל משטחים יצוקים חזקים וזהים זה לזה.	אטורה סוטסאס (ettore sottsass). מעצב איטלקי, ממובילי הזרם הפוסט-מודרניסטי בעיצוב, יצר את הארון "קזבלנקה" ב-1981. סוג העץ לא משנה, שכן הארון כולו מכוסה בפורמייקה צבעונית. 	כינור סטרדיוואריוס. בונה הכינורות הידוע בן המאה ה-17 השיג בכלי הנגינה שבנה איכות צלילים נפלאה. הבחירה של העץ, טכנולוגיית העיבוד והחיבורים, כמו גם שימוש בלכה מיוחדת, הם סודות שחלקם עדיין לא התגלו. 
--	---	---

ציפוי וגימור לעץ:

כשהעץ שימש חומר גלם בלעדי למוצרים כמו צעצועים, ארונות וגדרות, היה מקובל לצבוע אותו בצבע אטום; רהיטים איכותיים כוסו בלכה (פוליטורה), ואלה הפחות איכותיים כוסו בדרך כלל בצבע שמן. לאחרונה ניכרת מגמה להבליט את ייחודו של העץ כחומר גלם טבעי ומיוחד. הבלטה זו נעשית באמצעות חומרי גימור שקופים, המבליטים את המרקם המיוחד לכל סוג עץ ואת השוני בין מוצר למשנהו. בגימורים מיוחדים אפשר הן לשמור על השקיפות והן לגוון את העץ.

לדוגמה, הקניית גוון כהה לעצים בהירים משדרגת אותם יחסית לאורן, לגבון או לצפצפה, שהם עצים בהירים וזולים; הצבע הכהה, של מהגוני למשל, משדר תדמית איכותית יותר. ניתן גם לגוון בצבעים שאינם של עץ, וזאת בלי להסתיר את הדוגמה והגרעיניות הייחודיים לעץ; באמצעות חומרים צורבים או בהתזת חול אפשר להגביר את הדוגמה ולהוסיף מעין תבליט על פני שטח העץ, תוך ניצול אזורי צפיפות שונים ותגובתם השונה לחומרי צבע ולכימיקלים.

תעשיית הפלסטיק (פלסטיק, גומי, חומרים מוקצפים)

המילה פלסטיק הייתה קיימת עוד קודם שהופיע החומר עצמו. "פלסטיקוס" ביוונית פירושו בעל יכולת עיבוד או יציקה. במקור היווני ההקשר היה לקרמיקה. המשמעות המילונית המקובלת היא מ-1910: שם מסחרי לחלק מקבוצת חומרים כמו צלולואיד או ויסקוזה, שניתן לעצב על ידי יציקה או לחיצה כשהם במצב פלסטי.

בשם הכללי "פלסטיק" קיים בפועל מבחר בלתי מוגבל של חומרים ולהם משקלים, מרקמים, תכונות מכניות, פיזיקליות וכימיות שונות ומשונות.

החומרים הפלסטיים אינם חומרים טבעיים כמו הברזל או האבן, והם מיוצרים במפעלי התעשייה הכימית מתזקי נפט ומחומרים אחרים. כיום ניתן לשלוט באופן מוחלט במבנה המולקולרי של חומרי הגלם הפלסטיים, ולהוסיף להם תוספים המשפיעים על תכונות החומר. היכולת הטכנולוגית הזו מאפשרת לתת מענה כמעט לכל תכונה מבוקשת: מעוניינים בחומר פלסטי המוליך חשמל? בעל גוון מתכתי? עמיד בטמפרטורות גבוהות? חומר מבריק או שקוף? חומר גמיש? ספקי חומרי הגלם יתנו מענה כמעט לכל תכונה נדרשת, ובהן חוזק, גוון, גמישות, עמידות בשחיקה ובחומרים שונים, חסימת קרינה וכל מה שעולה על דעתו של המתכנן.

החומרים הפלסטיים מחולקים לשתי קבוצות עיקריות על בסיס התנהגותם בחימום. התנהגות בחום משמעותית ביותר כאשר צריך לבחור תהליך ייצור.

חומרים תרמופלסטיים: חומרים המתרככים כאשר מחממים אותם ומתקשים שוב כשהם מתקררים. על פעולה זו ניתן לחזור כמה פעמים. תכונה זו מאפשרת לייצר מהם מגוון מוצרים בתהליכי חימום. טמפרטורת ההתכה של החומרים הפלסטיים נעה בדרך כלל בין 100°C - 200°C . חומרים מוכרים כמו ניילון, פוליאטילן ו-PVC משתייכים לקבוצה זו. רוב מוצרי הפלסטיק סביבנו שייכים לקבוצה זו: טלפונים ניידים, שואבי אבק, מיקסרים, מקלדת המחשב והעט שאנו כותבים בו. גם הסכו"ם החד-פעמי, ריפוד המכונית, הלגו ורוב צעצועי הילדים.

חומרים תרמוסטטיים: חומרים תרמוסטטיים מגיעים למצבם הסופי בתהליך הנקרא "צילוב", שבו נוצרים קשרים חזקים במיוחד בין המולקולות. קשרי צילוב נוצרים כתוצאה מחימום, קרינה אולטרה סגולית או תהליך המתרחש בין שני חומרים. כל חימום נוסף לא יביא להתרככותם. קשרים אלו גם הופכים אותם

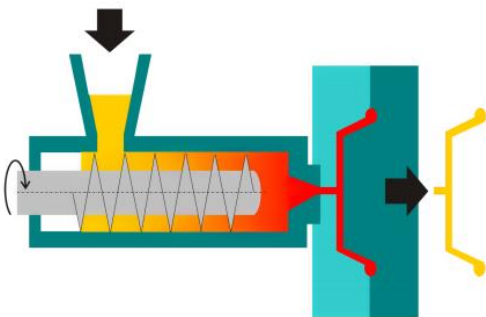
לעמידים בפני חומרים ממיסים. לוחות פורמייקה, מזרוני ספוג, צבעי אפוקסי ופוליאסטר, רוב סוגי הגומי והפוליאורטן עשויים מחומרים תרמוסטיים.

בעידן הפלסטיק, הקיים פחות מ-150 שנה, יש מעבר מתמיד של מוצרים שיוצרו קודם לכן מחומרים "טבעיים", לייצור בחומרים פלסטיים. טכנולוגיות רבות "הושאלו" ממתכת, עץ, זכוכית, עור ונייר לחומרים פלסטיים.

נפרט תהליכי ייצור שונים של מוצרים פלסטיים בתעשייה:

תהליכי עיבוד בחום:

בתהליכים אלו משתמשים בתכונת ההתרככות בחום והחזרה להתמצקות, כדי לשנות את צורתו של פרופיל, צינור, לוח או מוצר מוגמר העשוי מחומרי גלם תרמופלסטיים.



הזרקת פלסטיק: גרגרי חומר פלסטי מוכנסים לאקסטרודר, שהוא גוף בעל צורת בורג המסתובב בתוך גליל, בדומה למטחנת בשר. האקסטרודר מוקף בגופי חימום המתיכים את החומר הפלסטי. החומר המותך נדחף בכוח רב לתוך תבנית. התבנית מקוררת באמצעות מים, וכשהחומר הפלסטי מתמצק מחדש, התבנית נפתחת, המוצר נזרק החוצה והתהליך חוזר שוב. תהליך זה, כשאפשר להשתמש בו, הוא פתרון הייצור המיטבי, שכן במקרים רבים המוצר המתקבל הוא מוצר מוכן לשימוש ואינו זקוק לעיבודים



ציר אינטגרלי. זהו מכסה לבקבוק שמפו, עשוי פוליפרופילן. באמצעות הבנת תכונות החומר ותכנון נכון, אפשר לייצר את החלק הקשיח ואת הציר הגמיש בהזרקה של חלק אחד.

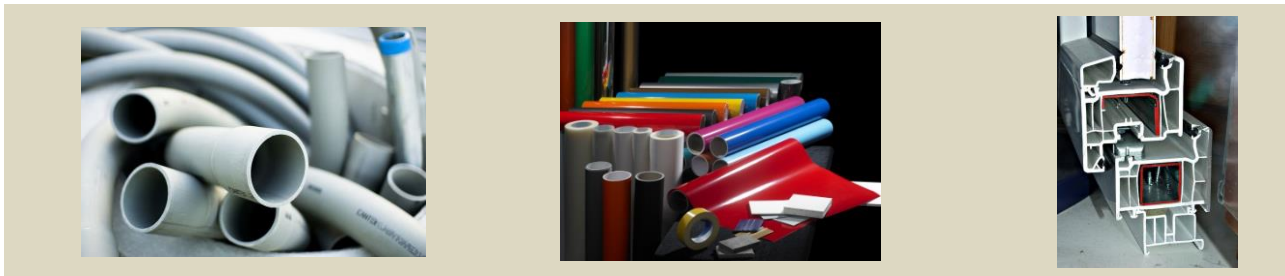


הזרקה כפולה – שיטת הזרקה שבה תבנית מיוחדת מחוברת לשני אקסטרודרים, כך שמתקבל מוצר בעל שני צבעים או מחומרים בעלי תכונות שונות (כמו למשל במברשת שיניים - חומר קשיח וחומר אלסטי).

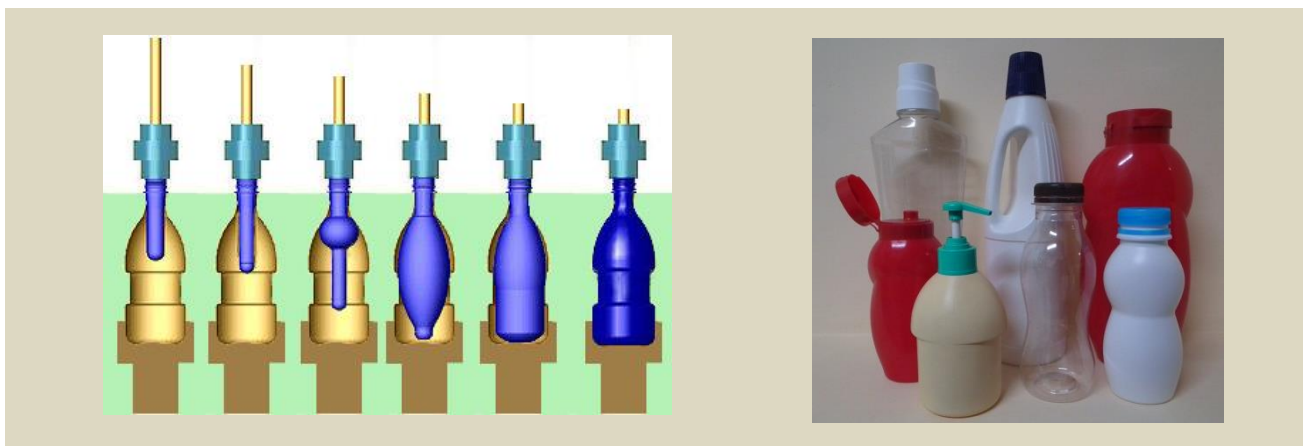


פתיתים של חומר גלם פלסטי המוזנים למכונת ההזרקה ומכילים, מלבד חומר הגלם עצמו, גם פיגמנטים ותוספים שונים המאפשרים תכונות שונות למוצר המוזרק, כמו למשל עמידות בקרינה.

שיחול (אקסטרוזיה): תהליך עיבוד בחום, שבאמצעותו מייצרים פרופילים פלסטיים באמצעות אקסטרוזר. בקצה האקסטרוזר ממוקמת דיזה (נחיר), שדרכה יוצא החומר בצורת הפרופיל הרצוי. משם הפרופיל מועבר דרך אמבטיית מים קרים, המקררים אותו, ואחר כך הוא נחתך ונארז. כך מיוצרים צינורות מים וביוב, אטמים למקרר, חוטי חשמל ותעלות חשמל, שלבי תריסים וגם מפות שולחן, וילונות פלסטיים, פסי דבק ויריעות כיסוי למושבבים בבית ובמכונית.

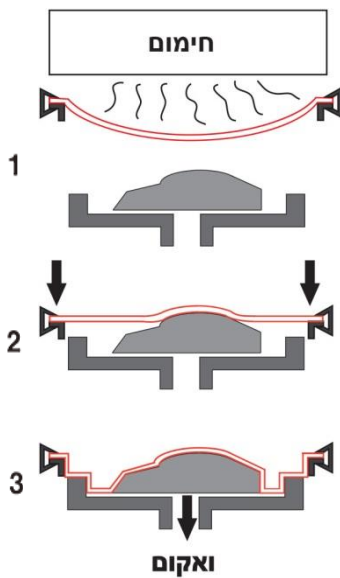


ניפוח מכלים: תהליך ייצור שתחילתו אקסטרוזר המייצר שרוול פלסטי רציף. השרוול מוכנס לתבנית כשהוא עדיין רך, מנופח באוויר ומוצמד לתבנית ומקבל את צורתה. באופן דומה אפשר לנפח מבחנה שהוזרקה קודם לכן, ולנפח אותה. כך מייצרים בקבוקי שתייה קלה, מכלים למרככי כביסה, כימיקלים או תרופות, ג'ריקנים, צעצועים וצנצנות פלסטיות. התהליך נעשה בדרך כלל בקווי ייצור אוטומטיים. בתהליך דומה מייצרים גם שרוולים ושקיות פלסטיק מסוגים ומחומרים שונים.



משיכת ואקום: טכנולוגיה עתיקה כמעט כימי הפלסטיק; צ'רלס בוראוז,

עוזרו של היאט ממציא הצלולואיד, משך יריעות צלולואיד כבר ב-1870. כיום זו תעשיית ענק שהיקף מכירותיה בעולם למעלה מ-35 ביליון דולר בשנה.



יריעת חומר פלסטי מחוממת עד לנקודה שבה היא רכה וגמישה. היריעה המרוככת מהודקת אל תבנית באמצעות יניקת אוויר בחוזקה. לאחר התמצקות החומר בצורה החדשה, מופעל לחץ אוויר בכיוון הנגדי והמוצר נחלץ מהתבנית. בהמשך הוא נחתך מהיריעה לצורה ולגודל הדרושים. בטכנולוגיה זו מייצרים כוסות ומכלי פלסטיק חד-פעמיים, אריזות, צעצועים, שלטים, מדפים וחלקים למקררים ולמכוניות. המוצר המתקבל הוא צבעוני, בעל פינות מעוגלות וניתן בדרך כלל להערמה נוחה.



גומי ואלסטומרים:

הגומי הטבעי, תוצר של "עץ הגומי", ידוע ונמצא בשימוש מאות שנים. הכינוי "גומי" הנקשר לכל דבר גמיש היה נכון בעבר, אבל במאה ה-20 פיתחו הכימאים גומי סינתטי הדומה בתכונותיו לגומי הטבעי, ותרכובות פלסטיות נוספות שלהן היקנו התנהגות אלסטית.



חומרים מוקצפים:

חומרים מוקצפים הם חומרים המכילים בועות גז (אוויר או חומר אחר) במבנה שלהם. לכן הם קלים ומבודדים לעומת אותם פולימרים שאינם מוקצפים.

השימושים הנפוצים ביותר בחומרים מוקצפים הם בתחום מוצרי האריזה; משתמשים בתכונת החומרים המוקצפים כדי לספוג זעזועים וכך להגן על המוצר הארוז. שימוש דומה בתכונה זו נעשה בייצור חלקי ריפוד. האוויר הכלוא בתאי הקצף מאפשר להשתמש בו כמוצר בידוד. חומרים מוקצפים משמשים גם כפתרונות אקוסטיים, כמסננים (למשל בכניסת האוויר למזגן), מצופים, או ביישומים אורטופדיים שונים. מהנדס החומרים או הכימאי שולט שליטה מלאה בתכונותיהם של החומרים המוקצפים. הם יכולים להיות קשיחים או גמישים, רכים או קשים. תכונה נוספת שהכימאים שולטים בה קשורה לסוג הקצף. הוא יכול להיות בעל תא פתוח - שכל תאיו פתוחים זה לזה. הוא מכונה ספוג (sponge), וכשמו כן הוא - סופג מים וחדיר לגזים. הוא מתאים יותר לריפוד ומשמש גם לבידוד אקוסטי. הוא גם יכול להיות בעל תא סגור, כאשר כל תא מוקצף הוא יחידה סגורה. מחומרי גלם אלו מייצרים מצופים, חגורות הצלה, סוליות, מזרנים, חומרי אריזה ומוצרים לשימושים אורתופדיים שונים.

בתהליכי הייצור של חומרים מוקצפים משתמשים בשיטות הייצור שהכרנו לגבי החומרים השונים, כאשר תוך כדי תהליך הייצור משתחרר גז מתוך רכיבי חומר הגלם וממלא את חלל המוצר בבועות. במגע עם פני השטח של התבנית מתקבל קרום חלק יחסית, המכונה "סקין", שהכימאים קובעים את עוביו וקשיחותו. כך ניתן לייצר לוח מכשירים במכונית, מושבים מרופדים, כדורי גומי, סנדלים ונעליים.

פעילות:

מטרת הפעילות: להסביר כי בתעשייה ניתן לתת לפלסטיק כחומר גלם כל תכונה רצויה. הגדרת התכונה באפיון המוצר תוביל ליצירת הרכב של חומר הגלם הייחודי. למשל: פלסטיק שקוף, פלסטיק עמיד לקרינה, פלסטיק גמיש וכדומה. במילים אחרות, קיימות אינסוף אפשרויות לייצור פלסטיק.

המורה יבקש מהתלמידים להביא לשיעור מוצרים פלסטיים שונים: צעצועים קטנים, בקבוקים, אטבים, חלקי אריזות ועוד.

1. התלמידים ימיינו את המוצרים על פי תכונות שונות, ויציעו את התכונות שידונו בשיעור. למשל: עמידים בקרינת השמש, בעלי יכולת לצוף על המים, עמידים לשחיקה, רכים, קשים, גמישים, שקופים, אטומים ועוד.

2. המורה יעלה את השאלה: מה רשימת התכונות הדרושות ממוצר פלסטי המיועד להיות מצוף בים? (למשל: עמידות בפני קרינת השמש, משקל סגולי קל ממים – מרמז על היותו חומר מוקצף בעל תא סגור, יכולת להיצבע בצבעים זוהרים ועוד.)

דיון:

בשנים האחרונות קיים ויכוח אם השימוש ההולך וגובר בפלסטיק מועיל לסביבה או מזיק לה. להלן כמה נקודות למחשבה:

א. השימוש בפלסטיק אינו "ניצול" של משאבי כדור הארץ – רובו של חומר הגלם המשמש בתעשיית הפלסטיק הוא תוצר לוואי של תעשיית הנפט.

ב. אם התעשייה תמשיך לייצר אריזות ומוצרים שונים מהחומרים ה"קלאסיים" שבהם השתמשה בעבר (פח, זכוכית, עץ), תהליך הייצור ישאיר "חתימת פחמן" גדולה בהרבה מזו שמשאיר הייצור בפלסטיק, שהוא, כאמור, מוצר נלווה לתהליך זיקוק הנפט. המושג "חתימת פחמן" מתייחס לאנרגיה הנצרכת ולזיהום הנוצר תוך כדי תהליך הייצור.

ג. נפח האריזות ומשקלן – אריזת פלסטיק קלה באופן משמעותי מאריזה המיוצרת ממתכת או זכוכית. למשל מכל יוגורט מפלסטיק קל ממכל יוגורט מזכוכית. בקבוק פלסטיק המכיל משקה קל יהיה קל מבקבוק דומה המיוצר מזכוכית. השימוש באריזות פלסטיק מקטין את הנפח ואת המשקל של האשפה במידה רבה.

ד. תהליך מיחזור של פלסטיק הולך ותופס תאוצה. כל מוצר פלסטי מחויב בסימון המאפשר לזהות לאיזו משפחת חומרים הוא שייך, כך שאפשר למחזר אותו ביעילות.

ה. קיימות שתי בעיות נוספות המטרידות את שוחרי הסביבה:

1. החומרים הנפלטים מחומרים פלסטיים בזמן השימוש בהם ועלולים לסכן את המשתמשים: בעיה זו הולכת ונפתרת על ידי תקינה האוסרת על היצרנים להשתמש בחומרים מסוימים.

2. כמות המכלים והאריזות המשומשים של תעשיית הפלסטיק והנזק שהן גורמות לבעלי חיים ולסביבה.

גם בעיה זו הולכת ונפתרת עם שינוי בגישת היצרנים לתהליך המיחזור והמעבר לשימוש בחומרים המתפרקים כעבור זמן ואינם גורמים נזק מתמשך. גם שינוי זה מואץ על ידי תקנים המחמירים עם היצרנים.

לסיכום: יתרונות השימוש בפלסטיק רבים. כמו בכל תחום אחר, שימוש בלתי אחראי ולא מבוקר הוא שהוציא לפלסטיק "שם רע" מבחינת הסביבה. תקינה, חינוך ושינוי גישה יאפשרו לנו ליהנות מהחומרים הפלסטיים בלי חשש של פגיעה באיכות הסביבה.

חומרים קרמיים

חומרים קרמיים היו מהחומרים הראשונים ששימשו את האדם. החומר הקרמי הראשון שנמצא ותוארך ל-26,000 שנים לפני הספירה הוא בוך שעורבב בשומן של ממותה ובאפר, יובש בשמש ויצר חומר קשיח ועמיד בחום. השרפה באש איפשרה להגיע לדרגת ייבוש גבוהה יותר, ונמצאו כלי חרס יווניים שרופים בתנור בני 8,000 שנים. שרפת הבוך יצרה חומר קשיח יותר, שכן המים שבין הגבישים התנדפו, ונוצרו קשרים יציבים יותר. במאה ה-6 לספירה החל בסין השימוש בחרסינה (פורצלן), שיוצרה משילוב של חרסית וקוורץ עדין בתוספת חומרים אחרים.

החומרים הקרמיים עמידים בתנאי חוץ ובטמפרטורות נמוכות מאוד וגבוהות מאוד, והם שומרים על יציבות צורות ומידות בשינויי טמפרטורה, עמידים לשחיקה, קשיחים, חזקים וכבדים. הם אטימים למעבר נוזלים, עמידים בפני כימיקלים, ומבודדים תרמית וחשמלית. חסרונם העיקרי הוא שבירות וקשיי עיבוד המוצר לאחר שלב השרפה. פיתוחים ותוספים חדשים מאפשרים להתגבר על בעיות אלו.

מוצרים קרמיים רבים משמשים בבית: כלי חרס, כלים סניטריים (אסלות, כיורים), רעפים, אריחי קיר ורצפה וכן חלקי ציוד חשמלי כמו בתי מנורה למנורות חמות במיוחד, תושבות לגופי חימום בתנורים ועוד.

בתעשייה בונים מבלוקים קרמיים תנורים וארובות; רעפים קרמיים משמשים לבידוד ולהגנה במעבורת החלל.

חרטומה וגחונה של מעבורת החלל מכוסים בכ-24,000 רעפים קרמיים, שתפקידם לבודד את פנים המעבורת מהחום הנוצר בעת החדירה לאטמוספירה לקראת הנחיתה. כמה רעפים כאלו שניזוקו, גרמו לשרפתה של מעבורת החלל "קולומביה". צוות המעבורת, ובהם האסטרונאוט הישראלי אילן רמון ז"ל, נספה.



חומר הגלם הבסיסי למוצרים קרמיים קלאסיים הוא לרוב החרסית, שהיא חומר קרמי המורכב ממינרלים ומופק מעפר. כשהחומר במצב בצקי אפשר לעבדו בקלות לכל צורה שהיא ולצקת אותו לתבניות. לייצור אסלות וכיורים משתמשים בתבניות עשויות מגבס, שלתוכן שופכים חומר קרמי נוזלי. התבניות סופגות מים מהחומר הרטוב ומקשות את השכבה הצמודה. שאר המים מוצאים החוצה. אחר כך שורפים את המוצר בתנור בטמפרטורה גבוהה.

מקליעים. ניתן להקנות למוצר תכונות מיוחדות, למשל הולכת זרם חשמלי בתגובה לתופעות מכניות (חומרים פייזו-אלקטריים, Piezoelectric).

מלט ובטון: גם המלט (cement) הוא חומר קרמי. עולמנו המודרני לא היה נראה כפי שהוא אילו לא השימוש הרב במלט ובמוצריו לבניית בנייני ענק, כבישים, סכרים וגשרים. תהליך ייצורו מבוסס על שרפת סלעי גיר וחרסית בטמפרטורה של $1,400-1,600^{\circ}\text{C}$, עד להוצאת כל המים הנמצאים בין הגבישים שלהם (דהידרציה), ואחר כך טחינתם לאבקה ושמירתם במצב יבש. בהמשך, הוספת מים גורמת לתהליך התגבשות מחודש של האבקה, בלא צורך בשרפה. בצירופו לחומרים נוספים כמו חצץ, חול או סיד, יש למלט שימושים שונים בענף הבנייה כמו ייצור בלוקים, אריחים וטיט לטיח. יציקה של תערובת המלט, החול והחצץ (המכונה "בטון") לתוך תבניות ובהן מוטות פלדה, מאפשרת לקבל מוצר בעל חוזק משולב (ראה פרק "חומרים מרוכבים"). כך מתאפשרת בנייה בטוחה לגובה של מאות מטרים. השימוש הרב בבטון בענף הבניין נובע בין השאר מהאפשרות לייצר בפשטות יחסית צורות שונות של קורות ועמודים, מחירו הזול של חומר הגלם (כעשירית ממחיר הברזל) ונוחות היישום בשטח (רק צריך להוסיף מים, וזה פועל...).

זכוכית: הזכוכית הקדומה ביותר נמצאה במצרים והיא בת כ-6,000 שנים. לפני כ-2,000 שנים החלו להשתמש בזכוכית לאטימת חלונות, לעדשות ולמראות. לשם כך היה צורך תחילה לנפח את הזכוכית לכדור גדול, ובהמשך ליישר אותו למשטח חלק ואחיד. זכוכית היא חומר קרמי, שהוא תרכובת של צורן וחמצן. הזכוכית מעבירה אור, לעתים היא צבעונית ולעתים שקופה לגמרי, והיא מבודדת חשמל. שלא כמו האטומים בגביש הזכוכית אינם מסודרים במבנה קבוע (אמורפיים), וכך מתאפשר הקרמיום, רוב החומרים מעבר האור דרכה.

חומר הגלם לייצור זכוכית נמצא בשפע (חול ים...). עיבוד הזכוכית נעשה כשהיא מותכת. כדי להגיע לטמפרטורה הגבוהה הדרושה להתכה (בדרך כלל מעל $1,000^{\circ}\text{C}$) יש להשתמש במפוח המספק את כמות החמצן הדרושה ללהבה. זו הסיבה שהכיניו של בעלי המקצוע העוסקים בייצור זכוכית ובייצור מוצרי ברזל הוא "נפחים". תהליכי ייצור שונים ותוספי צבע ושקיפות מאפשרים לייצר מגוון רב של מוצרי זכוכית, החל ביציקות בתבניות של צלחות, כוסות וכלי שולחן ונוי, ניפוח זכוכית בתהליך חופשי (כפי שעושים אמני הניפוח היודעים לשלוט בבוטת זכוכית הנמצאת בקצהו של מוט חלול) או לתוך תבניות לקבלת מוצרים חלולים, תהליך המשמש לייצור בקבוקים וצנצנות.

זכוכית שטוחה מיוצרת באמצעות הזרמת זכוכית מותכת והעברתה בין גלילים מלוטשים או בעלי דוגמה לקבלת עובי ופני שטח רצויים.

זכוכית משוריינת כפי שהיא נראית לאחר ניסיון שוד בחנות. לייצור זכוכית משוריינת משתמשים בשכבות זכוכית המודבקות על יריעה מחומר פלסטי שקוף וחזק.



סיבים אופטיים בקוטר 0.00025 מ"מ נמשכים מחרירים זעירים בדופן מכל ובו זכוכית מותכת. הסיבים מצופים בחומר מחזיר אור ובחומר הגנה, ומתקבל סיב גמיש ובו מעין חלל שקוף, שבו עוברים אותות אופטיים למרחקים עצומים (מעל 100 קילומטרים) מבלי לאבד מעוצמתם. קרני האור, שהן בעלות מהירות מוחלטת, מעבירות נתונים בזמן כמעט אפסי מתחנת שידור לתחנת קליטה תוך שימוש בציוד ובמחברים מיוחדים המשתמשים בקרינת לייזר כדי להפוך את האותות לחשמליים, ולהיפך (בצילום מימין מחברים לסיבים אופטיים).

משתמשים ביכולת העברת האור בסיב האופטי גם בניתוחים. מכשיר (כמו בצילום משמאל) המכונה "אנדוסקופ" מכיל סיבים אופטיים המאפשרים לרופאים לראות מה מתרחש בחללים שונים בתוך גוף האדם ולהעביר לרופאים מידע רפואי חשוב ומדויק מתוך הגוף. כך אפשר לעשות ניתוחים באמצעות פתיחת פתחים קטנים בלבד, שבהם מחדירים את הסיבים האופטיים וכלי ניתוח הנמצאים אף הם בקצה מוטות גמישים.



חומרים מרוכבים

חומרים מרוכבים הם אחת מקבוצות החומרים הוותיקות והידועות בהיסטוריה של הטכנולוגיה.

גם בטבע התפתחו (באופן טבעי, כמובן) מערכות שלמות המבוססות על העיקרון שכיום אנו קוראים לו חומרים מרוכבים: למשל, בעלי החוליות בנייים מחלבון ומשומן (בשר) כחומר מילוי סביב השלד, הבנוי מעצם (תרכובות סידן שונות).

תחום הבנייה הוא דוגמה לשימוש בחומרים מרוכבים. כבר לפני כ-10,000 שנים אבות אבותינו עברו להתגורר בבקתות עשויות מבז' וסיבי קש. זו דוגמה לשימוש בחומרים מרוכבים. עד היום מיליוני בני אדם גרים במבנים מסוג זה. טכנולוגיית הבנייה המודרנית עושה שימוש בחומרים מרוכבים על ידי שילוב של בטון ופלדה: הבטון מקנה עמידות בקריסה, והפלדה מוסיפה עמידות בכפיפה וגמישות.

ניתן לסכם ולומר כי חומר מרוכב הוא תוצר של חיבור בין שני חומרים או יותר. תכונות החומר המרוכב משופרות לעומת תכונות החומרים המרכיבים אותו.

חומרים מרוכבים חדשים במאה ה-21:

התעשייה במאה ה-21 משייכת את המושג "חומרים מרוכבים" למשפחה של חומרים חדשים המשלבים בין סיבים ובין שרפים.

חומרים מרוכבים רבים משמשים בתעשייה, אבל אנו נתמקד בכמה תהליכי ייצור שיתוארו להלן. התואר המתקדם הזה אינו מנת חלקם של חומרים מרוכבים "ותיקים" כמו לבני בז' וקש, מבני ברזל ובטון, נייר זכוכית ודיסק לחיתוך אבן או מתכת (הדיסק עשוי מגרגרי חומר שוחק המלוכדים בשרף). החומרים החדשים המכונים "חומרים מרוכבים" עשויים משילוב של סיבים בשרפים.

מהו חומר מרוכב?:

חומר מרוכב בנוי משני רכיבים בסיסיים - סיבים ושרפים.

סיבים: למשל, סיבי זכוכית, גרפיט, קבלר או מתכת המקנים לחומר חוזק מכני. עיקר הכוח של הסיבים נמדד בעמידות בכוחות מתיחה. החוזק של החומר מושפע מהאורך ומהכיוון של הסיבים. זאת בשונה מגוש מתכת, שבו החוזק שווה בכל הכיוונים. סוג הסיבים נבחר בהתאם לאפיון המוצר (הגדרת הצורך והשימוש בו). לסיבי הגרפיט (פחמן, קרבון) חוזק עצום לכוחות מתיחה לאורך הסיב, והם חזקים עד פי 8 מסיבי פלדה באותו עובי. את הסיבים אורגים או מניחים באופן המספק חוזק בכיוונים הדרושים. כדי לענות על דרישות הנדסיות מניחים את השכבות כך שכיוון הסיבים שונה משכבה לשכבה, וכך משיגים חוזק רב-כיווני.

שרפים: כמו אפוקסי, פוליאסטר ואחרים; מכונים גם מטריצה (Matrix). הסיבים ממלאים את כל החלל מסביב לסיבים ומשמשים להם תווך, המאפשר לחלק המרוכב כולו עמידות בפני כוחות מעיכה. יש חשיבות רבה לכך שהשרף ימלא את כל החלל, ללא בועות אוויר.

חומרי ליבה (Cores): משלבים במבנה ליבות קשיחות, המוסיפות לו קשיחות ועמידות בפני פיתול, כפיפה וגזירה. ליבות איכותיות מקובלות הן *חלות דבש (Honeycombs)*, הנקראות כך בגלל מבנה המשושים, המחקה את הפתרון המוצלח שהמציאו הדבורים. הליבות למיניהן תורמות לעלייה משמעותית בקשיחות החומר, בתוספת קטנה מאוד למשקלו.

תהליכי ייצור:

הנחת יריעות והספגה רטובה: טכניקת עבודה זו מוכרת לנו כ"פיברגלס". טכנולוגיית הייצור של הפיברגלס מבוססת על עבודה ידנית. מניחים לסירוגין שכבות בד עשוי סיבי זכוכית, ומספיגים אותו בפוליאסטר בעזרת מברשת או גלגלת. הספגת השרף ביריעה מחברת אותה גם לשכבה הקודמת. המטרה היא להגיע לחומר שעוביו כמה מילימטרים, עובי המקנה את החוזק הדרוש. בטכנולוגיה זו משתמשים שנים רבות, והיא בסיס לייצור מוצרים בעלי מבנים קליפתיים ומבנים אדריכליים, כמו גלשני רוח, סירות, בריכות שחייה, מתקני משחק לילדים ומכלים גדולים.

הנחת יריעות ספוגות שרף: שימוש ביריעות ספוגות שרף היא השיטה המקובלת לייצור מוצרים איכותיים לתעופה. לאחר הצמדה של יריעות ספוגות שרף לתבנית, מכסים ביריעה אטומה ושואבים את האוויר בוואקום. כתוצאה מיצירת ואקום היריעות נצמדות זו אל זו. כמות השכבות מותאמת לדרישות החוזק, כפי שקבעו המהנדסים שתכננו את כלי התעופה. כאשר מסיימים להניח את כל השכבות, מכניסים את החלק כולו להקשיה בסיר לחץ גדול, המכונה אוטוקלב.

בטכנולוגיה זו משתמשים בתעשיות התעופה והחלל, ולפעמים גם לייצור מכוניות מרוץ, מוצרים רפואיים ומוצרי ספורט ופנאי יוקרתיים.

ליפוף: תהליך הדומה לתהליך הנחת יריעות מוספגות שרף, אבל משתמשים בסיבים שהוטבלו מראש בשרף. בהמשך הסיבים מלופפים על ליבה עגולה מסתובבת. תהליך זה מאפשר לייצר גופים עגולים חלולים וצינורות דקי דופן וחזקים, המשמשים לשלדת אופניים יקרים, חכות, ידיעות למחבטי טניס או גולף; גופים לחרטום ולחלקים עגולים וחלולים למטוסים, לטילים ולציוד תעופה אחר.

פולטרז'ן (Pultrusion): שכלול של תהליך אקסטרוזיה. השרף משמש חומר תווך בעבור אגודות סיבים או שכבות אריג מלופפות. שכבות אלו נדחסות דרך חריר האקסטרוזיה. הסיבים יכולים להיות סיבי זכוכית, פחם או קבלר.

המוצר המתקבל הוא מוט או פרופיל צינורי, גמיש וחזק במיוחד, שלו שימושים רבים. למשל: מוטות אוהל, פרופילים לתעשיית הבנייה, סולמות, אנטנות, תרנים ומוצרי ספורט.

כיוון שעלות הייצור של חומרים מרוכבים גבוהה, וכיוון שתהליך הייצור שלהם מורכב, הם אינם נכנסים לתחומים נוספים. ולמרות זאת, בתעשיית הפלסטיק מיושם העיקרון של שילוב סיבים במוצרים המיוצרים בטכנולוגיות פשוטות יותר, למשל, בתהליך ייצור בהזרקה של פגושים לרכב, מכסי מנוע וחלקים אחרים של מכונות או כלי עבודה. הדרישה לעמידות רבה מחומר פלסטי חזק כמו ניילון או פוליקרבונט, הובילה לפיתוח טכנולוגיה המשלבת סיבי זכוכית קצרים באחוזים ניכרים ממשקלו של החומר הפלסטי. בסיום תהליך ההזרקה, עם התקשות החומר הפלסטי, מתקבל חלק החזק עד פי 10 מחלק דומה שיוצר ללא הסיבים.



בתמונה משקפיים בעלות מראה אורגני מסיבי פחמן

כמעצבים, יש לזכור יתרונות נוספים של חומרים מרוכבים, מלבד החוזק: הם עמידים בתנאי חוץ, ניתן ליצור מהם מוצרים בעלי צורות מסובכות (מכונות ספורט, חלקי אוניות, אופניים), ניתן לשלב בהם פיגמנטים ולקבל גם צבעוניות מעניינת.

דין:

1. התלמידים יתבקשו להביא לכיתה מוצר העשוי מחומר מרוכב (שילוב של חומרים המביא למוצר ערך מוסף של חוזק או תכונות אחרות, הגדולות מסך מרכיביו). מוצרים לדוגמה: וילון אמבטיה, בד אוהל, מצוף שחייה איכותי ועוד. מוצרים אלו עשויים מחומר פלסטי היצוק על סיבים ארוגים. מתקבלת יריעה חזקה ואטומה למים.
2. בכיתה התלמידים יבדקו האם החומר המרוכב מיוצר מחומר טבעי או שהוא מעשה ידי אדם?
3. תוסבר המשמעות של "יחס חוזק / משקל". מושג זה עומד בבסיסו של השימוש הגובר והולך בחומרים מרוכבים בתעופה ובספורט. מטרת המהנדסים, המעצבים והיצרנים היא להעלות את חוזק החומר ללא תוספת משקל באמצעות החומר המרוכב.

להרחבה

http://www.snunit.k12.il/heb_journals/mada/272074.html

<http://lib.cet.ac.il/pages/item.asp?item=16527>

נייר וקרטון

הנייר הוא חומר דק שעליו ניתן לכתוב, להדפיס ולצייר וכן להשתמש בו לאריזה, לאטימה ולשימושים רבים נוספים.

יש עדויות ממצרים, מהאלף ה-4 לפני הספירה, לקיומו של נייר העשוי מגומא הפפירוס. במאה ה-1 לאחר הספירה החלו לייצר נייר בסין: צמחים הושרו במים ורוסקו בחבטות של מוטות עץ עד שהתקבלה תערובת אחידה. התערובת הונחה על מגשים או רשתות ויובשה בשמש. המוצר שהתקבל הוא נייר. מסין התפשט השימוש בנייר לקוריאה וליפן, ובמאה ה-8 הגיע לאגן הים התיכון עם הסוחרים שנעו לאורך דרך המשי. במאה ה-13 כבר השתמשו בו באירופה כתחליף לקלף, ששימש קודם לכן כיריעה לכתובה (על-פי המסורת הדתית, ספר התורה לא עבר את השינוי הזה, ועד היום כותבים אותו על קלף).

מאז המהפכה התעשייתית במאה ה-19 הנייר מיוצר בייצור תעשייתי. כיום, מכונות ענק באורך של עשרות מטרים פולטות בקצב מסחרר גלילי נייר באיכויות גבוהות ובמידות מדויקות. גזעי עץ ענקיים מובלים למפעלי הנייר, שם הם מוכנסים לבריכות מים, מקולפים, נחתכים, מרוסקים, מבושלים ועוברים תהליכים כימיים שונים עד שמתקבלת עיסת סיבים אחידה. מייצרים סוגי נייר וקרטון שונים על ידי ערבוב סיבים באורכים שונים: סיבים ארוכים להקניית חוזק לנייר, וסיבים קצרים למילוי ואטימה. העיסה נדחסת במכש גלילים ומאבדת חלק ניכר מהמים. בהמשך היא מחוממת, ועודפי המים מתאדים לגמרי. כ-300 ליטרים מים נדרשים לייצור קילוגרם אחד של נייר. כדי להפיק נייר לבן מוסיפים למים חומרי הלבנה. חומרים כימיים אלו מזהמים את המים וכמובן את הסביבה כאשר הם מוזרמים לביוב בסיום תהליך הייצור של הנייר. לכן מפעלי הנייר הוקמו במקומות מרוחקים מאזורים מאוכלסים. תקני איכות הסביבה מכריחים את המפעלים לייעל את התהליך ולהשתמש שימוש חוזר במים, כך שבסיומו של התהליך כמות המים שמתבזבזת היא 10 ליטרים בלבד לכל קילוגרם נייר.

סוגי נייר:

הניירות השונים נבדלים במשקלם (משקל של נייר נמדד בגרמים למטר מרובע) ובצבעם, ואיכותם מתבטאת בגמישות, בטיב פני השטח ובעמידות (בעיקר בפני קרינת UV). גלילי הנייר היוצאים מקו הייצור נחתכים לגיליונות, ונארזים לפי מידות מקובלות בענף הדפוס ושימושים הביתיים והמשרדיים השונים. **נייר לבן:** מיוצר מ-100% תאית שהופקה ישירות מעצים. נייר זה הוא היפה והאיכותי ביותר. **נייר אריזה חום ממוחזר (קראפט):** נייר המופק מסוגי פסולת שונים המובאים ממפעלי תעשייה, ממרכולים ומפסולת ביתית. איכותו נמוכה יותר מאיכות הנייר הלבן. **מוצרים ביתיים:** נייר טואלט, טישיו וכדומה, מיוצרים מפסולת נייר באיכות גבוהה.

קרטון - משטח של נייר:

יריעות הנייר משמשות בעיקר לצרכים תעשייתיים כמו: אריזה, אטימה, בידוד והגנה. לעומתו, הקרטון הוא חומר זול יחסית, ולו תפקיד מרכזי בתעשיית האריזה בזכות תכונות כמו: חוזק, האפשרות להדפיס עליו, יכולתו לספוג מכות, ואפשרויות עיבוד ומיחזור נוחות.

בחלק מסוגי הקרטון שכבות הנייר צמודות ללא חללים. אנחנו מכירים קרטון מסוג "בריסטול" או "דופלקס", שהוא חלק ואיכותי, ומשמש לציור ולייצור של אריזות איכותיות, כמו אריזות של תרופות ומזון או אריזות של מוצרי קוסמטיקה.

קרטון מסוג "כרמו" הוא חלק ומבריק, ומשמש להדפסת תמונות ולמסמכים יוקרתיים. קיים גם קרטון אפור, העשוי מסיבים גסים. קרטון זה מצופה בנייר לבן כדי לקבל פני שטח איכותיים (אנו מכירים קרטון אפור מצופה נייר לבן בתעשיית קופסאות לאריזות נעליים). ניתן לשלב שכבות שונות של קרטון וגם של יריעות פלסטיות. לדוגמה, אפשר לארוז נזלים (כמו חלב או משקאות שונים) באריזת קרטון שהצד הפנימי שלה מצופה ביריעה ההופכת אותו למכל אטום לנוזלים, והצד החיצוני משמש להדפסת מידע.

קרטון גלי:

סוג הקרטון העדיף לאריזה. סוגים וגדלים שונים של קרטון גלי מהווים חומר מרכזי בתעשיית האריזה. הקרטון הגלי הומצא באנגליה באמצע המאה ה-19, והשימוש בו הולך וגובר. הוא בנוי שתי שכבות של נייר (בדרך כלל נייר חום) וביניהן מודבק נייר המקופל למשולשים. כך נוצר מבנה קשיח של שני משטחי נייר חיצוניים, וגל בפנים. קרטון גלי מיוצר במידות רבות ובעוביים שונים. ניתן בקלות לבנות ממנו קופסאות שונות, להדפיס עליו, להשתמש שוב ושוב וכמובן למחזר אותו.

מדי שנה מיוצרים ברחבי העולם מעל 100 מיליון טון של קרטון גלי. הוא משמש חומר גלם מרכזי בתעשיית האריזה בזכות תכונותיו המצוינות.



הדאגה לאיכות הסביבה וקיימות אינה נחלתם של יצרני הנייר בלבד. חלקים נרחבים בציבור פועלים לשימוש בניירות שאינם מולבנים ושתהליך ייצורם גורם פחות זיהום סביבתי. חברות מסחריות המשתמשות בכמות נייר משמעותית מפתחות מערכות המתייחסות לאיכות הסביבה, ובכך מצליחות הן להגן על כדור הארץ והן לשפר את תדמיתן. רשויות מקומיות מקימות מתקני איסוף למיחזור נייר וקרטון, ומערכת החינוך מעבירה מסרים של קיימות.

למקדונלד יותר מ-14,000 מסעדות רק בארצות הברית. בממוצע, כל אחת מהן ממחזרת מידי שנה כ-17 טון אריזות קרטון. כמות עצומה זו, של כ-240,000 טון, משמשת כמובן לייצור אריזות קרטון חדשות...

צעדים נוספים שעשתה מקדונלד'ס הם לדאוג ש-35% מכל האריזות שלה יורכבו מחומר ממוחזר, ו-61% מהנייר שבו היא משתמשת יגיע ממקורות היוצרים נזק מופחת (בני קיימא).

רשת המזון מקדונלד'ס הקטינה ב-21% את כמות הנייר במפיות המוגשות בסניפיה. בבריטניה לבדה צעד זה הוביל לחיסכון של 84 טונות נייר בשנה שעברה, כמות השווה להצלת 1,500 עצים.

