

Kungliga tekniska högskolan
Materialdesign

Materialval för rakblad

-Materialval och process

Material selection for razor blades.
-Materialchoice and process

Grupp 4
Författare: Marcus Storne
Hanna Schagerlund
Axel Magnusson
Henrik Hedlin

Abstract

The goal of this paper is to find the material most fitting to be used in razorblades given certain limits. To achieve this Ashbys method for material selection is applied with translation of desired properties followed by a screening to limit the attributes to what is desired. Thereafter a ranking is made from the two previous steps and a choice is to be made.

The material most fitting of these limits is Stainless steel, martensitic, AISI 410, hard temper. As it is seen as the metal that fills the requirements and reaches the highest in desired qualities while remaining fitting for the limited heat treatment available. Tests were carried out to measure the material properties which matched up quite well with the supposed material properties.

Innehållsförteckning

Inledning	3
Bakgrund	4
Syfte	5
Metod	5
Resultat	8
Diskussion	11
Avslutning	13
Referenslista	14

Inledning

Vad är ett rakblad?

Ett rakblad är en tunn plan bit metall vars kant är vass och syfte är att klyva hårstrån¹.

Rakblad monteras ofta ihop med en rakhyvel för att underlätta manövreringen av hårklyvandet. Rakhyveln består vanligtvis av plast och är försedd med ett handtag.



Figur 1. Bild av en typisk “engångsrakhyvel”

¹<https://svenska.se/so/?id=42061&pz=7>

Vad är dagens problem för rakblad?

I dagens slit- och släng samhälle är det ett stort problem med överkonsumering och att det tillverkas och slängs produkter i en väldigt rask takt. Många produkter som tillverkas är inte menade att vara återanvändbara mer än några gånger och det speglar även in i tillverkandet av rakblad och rakhyvlar för engångsrakhyvlar.

Engångsrakhyvlar paketeras i plastförpackningar och används ett fåtal gånger innan den slängs. I de flesta fall är dem också svåra att återvinna på ett lätt sätt eftersom produkterna är uppbyggda av flera olika material².

Samtidigt måste rakblads- och hyveltillverkarna fortfarande vara konkurrensmässiga gentemot varandra och erbjuda rakhyvlar-och blad som är prisvärda för den hållbarhet som produkten erbjuder. Detta innebär att producenterna måste komprimera mellan ren kvalitet på produkt samt pris för kunna erbjuda en produkt som har en chans att kunna klara sig på den öppna marknaden.

Vad är målet med projektet?

Denna studie kommer se till att åtgärda problem om resurs förbränning genom att se till att rakblad kräver längre tid till att slitas ut och därmed slängas. Detta kommer göras med ett fokus på materialet som nyttjas i rakblad. Det innebär att fokus läggs på fysikaliska och kemiska egenskaper för olika material som bäst fyller rollen som rakblads material. Sedan mäts dessa egenskaper mot materialens priser.

² https://www.huffpost.com/entry/disposable-razors-environment_l_5cdb237de4b0790953deb7de

1. Bakgrund

Typen av rakblad som denna rapport söker material till har ett applicerings område vilket är att raka kroppshår. Materialvalet är begränsat i att det måste vara en järn baserad legering samt att värmebehandling och kylning på plats är begränsat till max 1000°C i upp till 30 min. Vidare är studien begränsad till att bara kunna testa egenskaperna av materialet en gång. Detta betyder att materialvalet inte kan korrigeras efter resultat kommit in.

1.1 Hårdhet

Inom materiallära kan hårdhet definieras som ett materials förmåga att motstå plastisk deformation och i lekmannatermer handlar det om ett materials förmåga att motstå permanent formning såsom böjning och sprickor³.

1.2 Mikrostruktur

Mikrostruktur är en generell term som används när man talar om den mikroskopiska struktur material består av. Metaller har generellt en mikrostruktur i form av korn vars storlek och form kan ha stor påverkan på metallens fysiska och kemiska egenskaper⁴.

Syfte

Syftet med denna studie är att komma till en slutsats kring vilket material som är bäst i rollen som rakblads material.

³ <https://material-properties.org/what-is-hardness-definition/>

⁴ <https://www.corrosionpedia.com/definition/777/microstructure>

2. Metod

2.1 Litteraturundersökning

Materialvalet innebar en sökning av den bästa matchningen mellan materialets utmärkande egenskaper och dess process. I denna studie utgår materialvalet utefter M. Ashby's metod. Processvalet⁵ följer nästintill exakt parallellt med materialvalet. Det första steget i valet av material medför att identifiera de begränsningar och de mål som designen och materialet måste uppfylla. Detta steg kallas för *translation*. Steget förenklar och förtydligar exakt vilka attribut det sökta materialet kräver.

Översättningen i denna undersökning innebar först att besvara frågan om funktion. Funktionen det färdigbehandlade materialet skulle ha var att skära hår så bra som möjligt. Därefter listades krav materialet och processen var tvungen att uppnå för att uppfylla undersökningens mål. Kraven för materialet i denna undersökning löd: ogiftig, vass (bra styvhet), rostfritt och järnbaserad legering. För processen var kraven följande: värmebehandling i en ugn med max 1000°C i max 30 minuter och kylning i luft eller saltvatten. Den fria variabeln var valet av järnbaserade legering.

Översättningen innefattade också mål, det vill säga en strävan för materialets attribut. Målen var att minimera kostnad och negativ miljöpåverkan för både processen och miljön.

Det andra steget i processen av materialval kallas för *screening*. För att utföra detta steg användes mjukvaran Edupack⁶ för att enkelt avgränsa attributen och begränsa vilka material som ska gå vidare till nästa steg, *ranking*. Programmet Edupack valdes att använda på grund av dess enkelhet och tydlighet. Med egna avgränsningar skapar programmet en graf som enkelt kan granskas. Begränsningarna baseras på kraven och målen från översättningen. Det vill säga motstånd mot vatten, saltvatten och svaga baser. En minimum smältpunkt på 1000 °C, minimum E- modul 207 GPa och Poisson's ratio minimum 0,3. I y-axeln användes parametern kostnad och i x-axeln hårdhet.

Precis som det låter rankades de utvalda materialen i en lista i steget ranking. Utifrån den listan undersöktes materialen på djupet, i steget boken väljer att kalla dokumentation. Exempelvis inom vilket område materialen tidigare använts och företags tidigare erfarenheter med materialen.

Till sist valdes ett material som ansågs falla under alla kriterier och utklassade de andra materialen.

Processen valdes utefter materialets egenskaper och kraven från översättningen.

⁵ Ashby, Hugh och Cebon ; Materials: engineering, science, processing and design; 4 ; Oxford. Butterworth-Heinemann; 2019; 37

⁶ GRANTA EduPack, 2020. (<https://www.ansys.com/products/materials/granta-edupack>) (Hämtad 2020-11-11).

2.2 Laborativ undersökning

Värmebehandling

För att uppnå den mikrostruktur som medför sökta materiella egenskaper värmebehandlas materialet⁷. I detta fall så placerades materialet i en ugn som vid en viss punkt uppnådde 1000 grader celsius. Där lämnades den i 25 minuter för att sedan överföras i rumstempererat saltvatten där materialet snabbt fick kylas ned.

Korrosionstest

För att testa det valda materialets motstånd mot generell korrosion som den kan se över sin livscykel så simuleras detta genom att sänka ner en bit av metallen i saltsyra (37-38%) i 30 min. Där man vägde metall biten på en Mettler PM460 innan och efter för att kunna se massan som upplöses i syran.

Prov förberedelser

Materialet förbereddes även för hårdhetstestet. I förberedelserna ingick slipning och polering av provet. Syftet med slipningen var att eliminera repor och för att uppnå en slät yta. Detta för att på bästa sätt kunna uppskatta mikrostrukturen. Med hjälp av en mall som omringade materialet blev det enkelt att för hand slipa ytan. Slipningen innebar att det stegvis användes finare sandpapper vilket successivt ledde till en slät och fin yta. Sandpapper strukturen följdes av dessa specifika mått: P240, P320, P600 och till sist P1200. Slipningen gjordes alltid ortogonalt mot tidigare sandpaprings riktning. Den sista förberedelsen betydde en polering där en vätska med nio mikron diamant och sedan en vätska med 1 mikron diamant. Diamant typen som användes benämns WX XSTR.

Hårdhetstest

För att ta reda på materialets hårdhet behövde det också genomgå ett hårdhetstest. Det valda hårdhetstestet var ett "Vickers hardness test" där hårdheten kan beräknas med storleken på avtrycket från indenten och lasten som den trycker med.

Indenten som används vid ett "Vickers hardness test" är en kvadrat baserad pyramid vars motsatta sidor möts vid spetsen med en vinkel på 136°. Den pressas sedan in i materialets yta med en kraft och kan därefter bestämmas med formeln:

$$HV = 1.854(F/D^2)$$

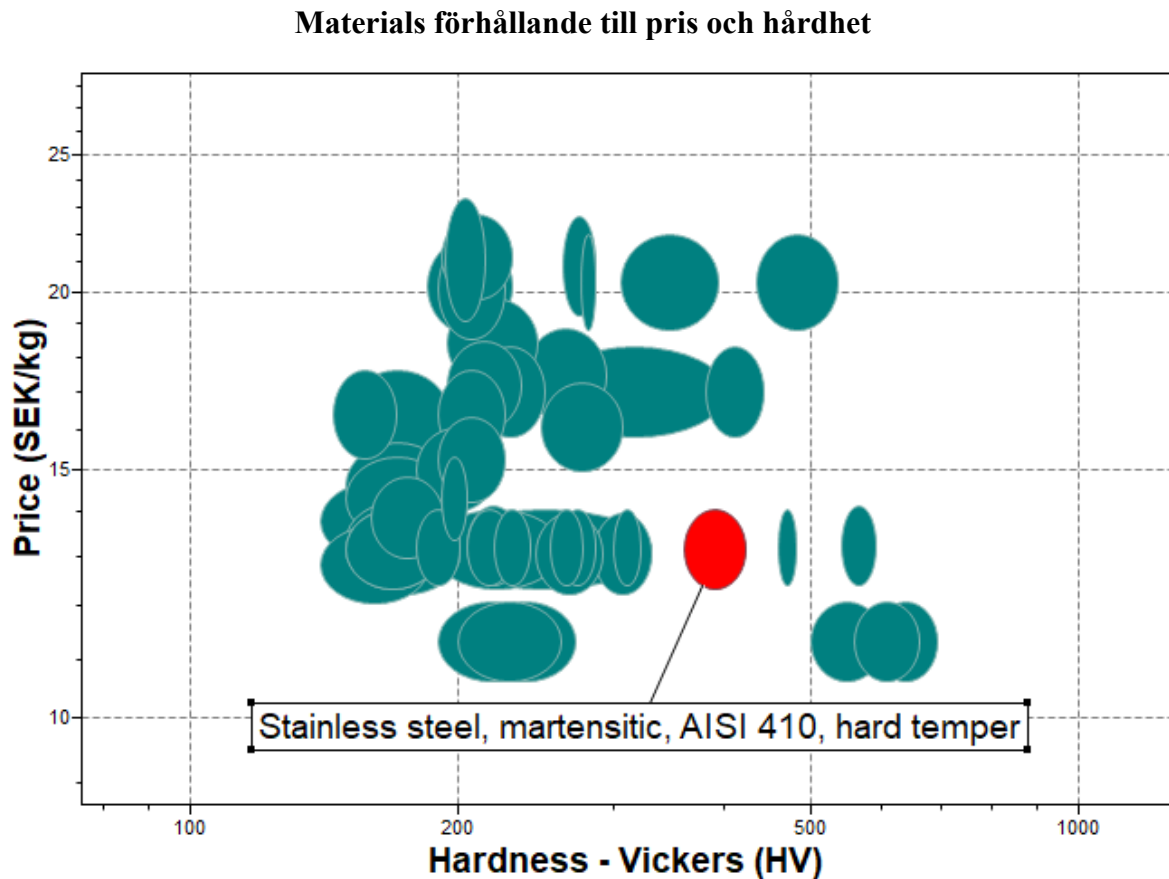
Där F är lasten som indenten pressas ned med och D är diagonalen av avtrycket⁸.

⁷ <https://www.energihandbok.se/varmebehandling>

⁸ <https://www.britannica.com/science/Vickers-hardness>

3. Resultat

3.1 Edupack



Figur 2. Illustration av studiens *ranking* process. I tabellen ovan illustreras var olika material placeras beroende på hårdhet och pris. Alla material faller även under kriterierna från översättningen.

Stålet som valdes var **Stainless steel, martensitic, AISI 410, hard temper**, som är rödmarkerad i bilden, där dess egenskaper är:

Young's modulus	190-210 GPa
Hardness (Vickers)	360-420 HV
Price	12,4-14,1 SEK/kg
Yield strength	1000-1100 MPa
Tensile strength	1250-1380 MPa
Melting point	1480-1530 °C

3.2 Labb

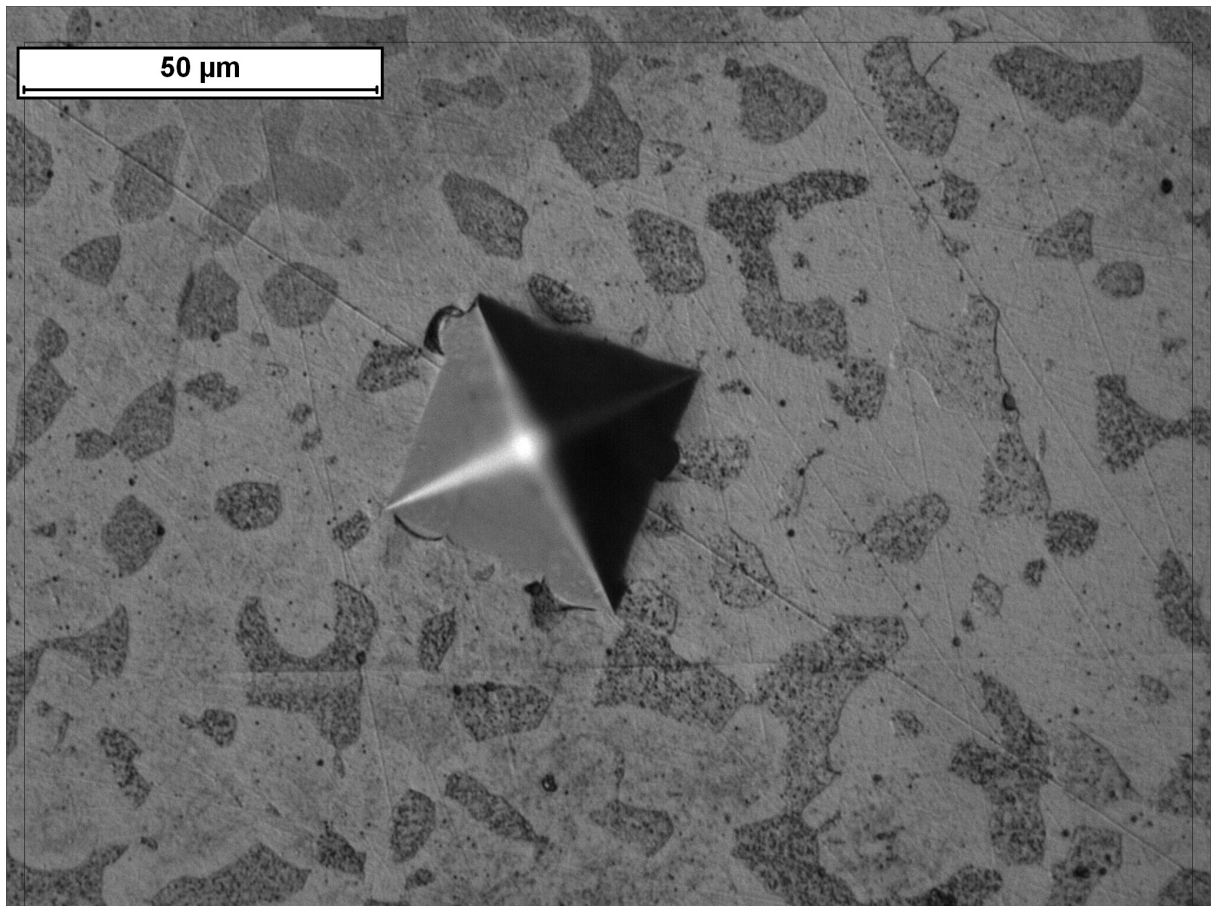
Material provet som utsattes för väteklorid hade en viktninskning på 0.02 %. Efter slipning och polering fick materialet som önskat, en slät och fin yta.

Provets sista test innebar ett tryck ner i materialet från en diamant vars form liknar en pyramid. Testen innefattade tre omgångar av denna process. Nedan följer exakta resultat för vardera test.

Resultat av hårdhetstest:

Datum: Mon Nov 23 2020				
Calvalue: 0.083 μ m				
Fält	Nr	D (μ m)	Last (gram)	HV
1	1	49.8	500	373.5
2	1	49.2	500	382.4
3	1	48.7	500	390.3

Måttet D motsvarar diagonalen på material provet. Lasten representerar hur mycket vikt provet utsätts för, vilket motsvarar en kraft på 4.91 KN. HV betyder hårdheten i materialet som var mätt i vickers.



Figur 3. Mikrostruktur av Stainless steel, martensitic, AISI 410, hard temper och indrag. En bild på mikrostrukturen där man såg avtrycket av diamanten efter hårdhets testet på materialet.

4. Diskussion

4.1 Edupack

I Edupack användes flera utav kraven i avseende till värmebehandlingen. I och med att materialet skulle kunna värmebehandlas i 30 minuter och att materialet inte fick ha för låg smältpunkt så att det inte smälter i ugnen. Detta ledde till att majoriteten av materialen uteblev då de behövde värmebehandlas i mer än 30 min. Eftersom rakbladet kommer användas tillsammans med både vatten och raklödder. Samt att nedkylningen av materialet efter värmebehandlingen sker i salt vatten sattes parametrar sådana att stålet ska ha motstånd från att rosta, både i vatten, saltvatten och baser då raklödder har en pH över 7. Varaktighet i syra var en parameter som inte togs med. I efterhand var den begränsningen relevant för att kontrollera livslängden av materialet. Studiens mål var bland annat att maximera hårdheten och minimera kostnaden därför var omständigheterna satta under de villkoren.

Det valdes att materialet skulle värmebehandlas i 1000°C i 30 min då The World Material⁹ skriver att det är i dem omständigheterna materialet rekommenderas att värmebehandlas under.

⁹ <https://www.theworldmaterial.com/aisi-410-stainless-steel/>

När alla parametrar var uppfyllda var det bara två material som var tillräckligt passande att använda, vilket följer nedan i tabellen:

	Stål 2	Stål 1	“Det materialet som har bättre tributer”
Attribut/ Material	Stainless steel, martensitic, AISI 431, tempered at 260°C	Stainless steel, martensitic, AISI 410, hard temper	
Young's modulus	190-210 GPa	190-210 GPa	Lika
Hardness (Vickers)	380-440 HV	360-420 HV	Stål 2
Price	15,8-18,3 SEK/kg	12,4-14,1 SEK/kg	Stål 1
Yield strength	925-1140 MPa	1000-1100 MPa	Försumbar
Tensile strength	1230-1510 MPa	1250-1380 MPa	Försumbar
Melting point	1430-1530 °C	1480-1530 °C	Försumbar

Jämförelsen mellan de två stålen är nästan helt lika eller så är skillnaden försumbar. Däremot fanns det två skillnader mellan stålen som avgjorde vilket som ansågs vara det bättre alternativet. Skillnaden mellan hårdheten ansågs inte vara tillräckligt stor för att avgöra vilket av materialen som hade de bästa egenskaperna. Det var tillslut priset som avgjorde vilket tycktes vara en markant skillnad. Med andra ord valdes stål 2 eftersom kostnaden var lägre.

Trots att den minimala skillnaden för hårdhet, brottgräns och sträckgräns mellan materialen kunde de ha granskats mer. Materialens tidigare användningsområde och en bredare jämförelse där det ingår fler parametrar. En djupare undersökning om vardera material istället för att dra slutsatser baserat på tabellen ovan. Även att göra processen innan *ranking* ännu noggrannare för att inte missa potentiella material. Det vill säga en smalare och tydligare *scanning* för att ta med fler material i jämförelsen.

4.2 Värmebehandling

Efter värmebehandlingen uppnådde materialet en hårdhet som motsvarar dess medelvärde av hårdhet. Det betyder att metoden för värmebehandlingen inte maximerade hårdheten. Det skulle kunna ha förbättrats genom att provet var en kortare tid i ugnen vilket hade lett till en lägre temperatur i materialet. Det hade i sin tur gjort att materialets kylning gick snabbare vilket skulle minimera kornstorleken. En mindre kornstruktur motsvarar ett starkare material¹⁰.

4.3 Polering

Efter värmebehandlingen slipades och polerades materialet för att uppnå en slät och jämn yta. Det leder till ett tydligare resultat i hårdhets testet dessutom en tydligare bild av mikrostrukturen. Polering och slipning gjordes även efter hårdhets testet för att återuppta den släta ytan.

4.4 Hårdhet Testet

I hårdhets testet användes vickers hårdhetstest där resultatet blev väldigt homogent då skillnaden mellan den hårdaste och den svagaste punkten som testades var 16,8 HV. Skillnaden på diameterna var också mindre än 1 μm . Starkare ämnen är homogena då strukturen i materialet kommer se likadan ut i hela materialet och kommer ha mindre dislokationer och vacancies¹¹.

5. Avslutning

Sammanfattningsvis nyttjades en bra och fungerande metod som valdes utifrån den standardiserade ashby metoden. Resultatet kunde förbättras genom ett noggrannare genomförande. I och med många oklarheter och bristande kunskap kring värmebehandlingen blev det största hindret i utförandet. En okunskap kring att 30 min värmebehandling inkluderade kylningstid samt en bristande förståelse utifrån källor kring hur givna materials egenskaper skulle bli om inte värmebehandlade med angivna parametrar. Utöver detta blev det inom teorin ett relativt lyckat materialval då testerna visade på förväntade materialegenskaper. Slutsatsen kan dras att metoden för att hitta det mest lämpliga materialet för ett rakblad var framgångsrik. För ett mer lyckat resultat behövs det däremot ett noggrant arbete med varje individuellt steg av metoden. Med det menat, fler parametrar i *scanning*, fler material i *ranking* och allmänt en bättre undersökning kring krav för ett rakblad och för utvalda material.

¹⁰ Ashby, Hugh och Cebon ; Materials: engineering, science, processing and design; 4 ; Oxford. Butterworth-Heinemann; 2019;

¹¹ Ashby, Hugh och Cebon ; Materials: engineering, science, processing and design; 4 ; Oxford. Butterworth-Heinemann; 2019; 146

Referenslista

[Figur 1] American Hotel. Registry Twin Blade Disposable Razor.

<https://www.americanhotel.com/registry-twin-blade-disposable-razor/p/1092248>

(Hämtad 2020-11-17)

[8] Britannica. Vicker hardness | mineralogy.

<https://www.britannica.com/science/Vickers-hardness> (Hämtad 2020-12-03)

[2] Brucculieri, Julia. How Bad Are Disposable Razors For The Environment? HuffPost. 2019-05-24.

https://www.huffpost.com/entry/disposable-razors-environment_1_5cdb237de4b0790953deb7de Hämtad (2020-11-20)

[4]Corrosionpedia. Microstructure.

<https://www.corrosionpedia.com/definition/777/microstructure> (Hämtad 2020-12-01)

[Figur 2][6]GRANTA EduPack, 2020.

<https://www.ansys.com/products/materials/granta-edupack> (Hämtad 2020-11-11).

[7]Jernkontorets Energihandbok. Värmebehandling.

<https://www.energihandbok.se/varmebehandling> (Hämtad 2020-11-17)

[Figur 3] Kungliga Tekniska Högskolan. Institutionen för Materialvetenskap.

Nader Heshmati (Hämtad 2020-11-27)

[3] Material Properties. What is Hardness - Definition.

<https://material-properties.org/what-is-hardness-definition/> (Hämtad 2020-12-02)

[5][10][11]Michael, Ashby och Hugh, Shercliff och David, Cebon ; Materials: engineering, science, processing and design; 4 ; Oxford. Butterworth-Heinemann; 2019

[1] Svenska Akademiens ordböcker. Tryckår 2009.

<https://svenska.se/so/?id=42061&pz=7> (Hämtad 2020-11-17)

[9] The World Material. AISI 410 Stainless Steel Properties.

<https://www.theworldmaterial.com/aisi-410-stainless-steel/> (Hämtad 2020-11-13)