



Influence of Different Regimes of Rod Drawing Process on the Physical and Mechanical Properties of the Products

Svetla R. YANKOVA¹, Rozina M. YORDANOVA¹,
Ivan A. AVGUSTINOV¹, Ani M. MANAVSKA¹

¹ University of Chemical Technology and Metallurgy
8 St. Kliment Ohridski, Blvd., 1756 Sofia, Bulgaria, Phone: +359 879 60 17 39,
e-mails: svetla_y@abv.bg, r.yordanova@uctm.edu, ani_manavska@abv.bg

Abstract

Processes and industrial plants for plastic deformation of metals and their alloys are among the foundations for the global industry and economy. The role of plastic deformation of metals and alloys is constantly increasing. These processes change the shape and the dimensions of the slug for the end product and they are efficient methods for altering the properties of the metals.

In this paper, the technological regime for obtaining a hexagonal rod of copper is discussed. The production cycle consists of extrusion and subsequent drawing. The drawing itself was conducted at three different drawing speeds – 30, 50 and 70 m/min.

Mechanical tests of the end products were conducted to determine tensile strength and relative elongation as well as hardness and electrical conductivity tests. It was found out that the strength and plastic properties of the metal changed negligibly, remaining within the range indicated by the standard for the tested product. The electrical conductivity remained unchanged.

From the results obtained, it follows that the currently operating process of extrusion and drawing of a hexagonal profile can be improved successfully by implementing the drawing process in one pass at a maximum drawing speed for the aggregate, namely 70 m/min. As a result of the described technology, a high-quality end-product with physical-mechanical properties, corresponding to the standard, is obtained

Keywords: Mechanical properties, copper, extrusion, rod drawing process

Влияние на различните технологични режими на изтегляне върху физико-механичните показатели на получените медни пръти

Светла Р. ЯНКОВА, Розина М. ЙОРДАНОВА,
Иван А. АВГУСТИНОВ, Ани М. МАНАВСКА

1. Въведение

Медта е метал, който притежава ценна комбинация от свойства – висока електропроводимост, якост, еластичност и добра корозионна устойчивост. Тези предимства определят широкото приложение на медта и нейните сплави, както в лято състояние, така и във вид на пръодукти, получени чрез пластична деформация.

Пресуването е технологичен процес за обработване на металите чрез пластична деформация, при който крайното изделие се получава чрез принудително формоизменение на метала на заготовката през отвор в деформационното пространство. Изделията, произведени чрез пресуване могат да бъдат както плътни, така и кухи и се наричат съответно пресувани профили и пресувани тръби. Формата и размерите на напречното сечение на пресуваните изделия се определят от формата и размерите на отвора, през който металът се формоизменя. Пресуването е метод, предлагащ редица предимства: възможност за получаване на изделия със сложно напречно сечение,

каквито по друг деформационен път не могат или е неизгодно да бъдат произведени; чрез пресуване могат да се добият количества дори от сравнително прости профили – нещо, което би било нерентабилно при друг начин на производство; методът осигурява повишена обработваемост и на малопластични суровини.

Изтеглянето е метод за обработване на металите, при който материалът във вид на телове, пръти, профили или тръби се изтегля през отвор на специален инструмент, наречен дюза. Лицето на сечението на този отвор винаги е по-малко от сечението на материалът подлежащ на изтегляне. В дюзите под действието на опъваща сила, приложена към предварително обработения му край, изделието се деформира. В резултат на деформацията се намалява неговото напречно сечение и се увеличава дължината му. Процесът се характеризира с някои специфични величини: относителното изтъняване, относително удължение, коефициент на удължение, коефициент на намаляване на сечението [1-4].

Целта на работата е да се изследват физико-механичните свойства на изделия, получени по три различни режима на изтегляне на заготовки от мед, като получените резултати се използват за усъвършенстване на съществуващата технология за изтегляне на медни продукти.

2. Експериментална работа и резултати

Обект на изследването са изделия от електропроводима мед (electrolytic tough pitch соррег-ЕТР), получени чрез пресуване и последващо изтегляне.

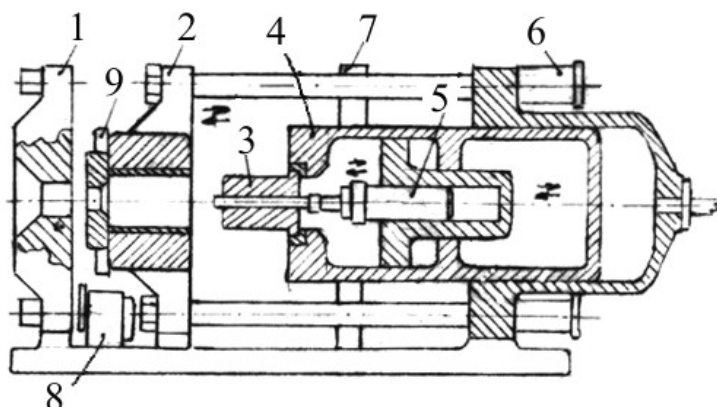
Химичният състав на отлятата заготовка от мед, която подлежи на пресуване и последващо изтегляне е показан в таблица 1.

Таблица 1. Химичен състав

състояние	Cu, %	O ₂ , %	Pb, %
R300	99.98	0.02	0.0005

За осъществяване на процеса се използва хоризонталната хидравлична преса, която служи за пресуване на заготовки от мед и медни сплави в горещо състояние. Включват се кръгли заготовки, шестостени, квадрати и профили от 4.8 mm до 160 mm.

На Фиг.1 е показана принципна схема на хоризонтална хидравлична преса за директно пресуване на плътни и кухи профили.



- 1-предна напречна плоча с инструментален държач;
- 2-задна подвижна плоча с прескамера;
- 3-щемпел с игла;
- 4-основен хидравличен цилиндър;
- 5-хидравличен цилиндър на иглата;
- 6-хидравличен цилиндър за придвижване на прескамерата;
- 7-водачи;
- 8-циркуляр за обрязване на пресостатъка.

Фигура 1. Схема на хоризонтална хидравлична преса

При пресуването се използва вече отлята заготовка от мед, с размери на заготовката дължина $L=830\text{mm}$ и диаметър $\varnothing 300\text{ mm}$.

Пресата получава заготовки във вид на кръгли балванки в бункери, съпроводжани от протоколи, съдържащи количество, марка, размер (\varnothing , L), химичен състав (Фиг.2). Бункерът се зарежда на стойка на входа на индукционния нагрев. От там блоковете се подават един по един чрез отсекател в пещта, където се нагряват до необходимата температура за съответната марка и размер, след което чрез механизацията на пресата, блокът заедно с работната шайба се подава на входа на втулката.



Фигура 2. Отлети заготовки от мед

Чрез пресцемпела блокът се подава във втулката, следващия работен вход. В края на пресуването се отрязва пръта. Пресостатъкът заедно с шайбата се отделят в приемник, който ги отвежда до мястото за тяхното разделяне (отделяне на пресостатъка от шайбата).

За нормалната работа на пресата е необходимо винаги контейнерът и втулката да бъдат нагряти до 400°C , те не трябва да имат пукнатини, подбитости и други дефекти. Шайбите трябва да са нагreti до 350°C и също не трябва да имат подбитости и пукнатини. Полученото готово изделие трябва да бъде с добра повърхност, без пукнатини, люспи и разслоения. По време на пресуването налягането на главния цилиндър не трябва да надвишава $260 - 270\text{ At}$. Крайният продукт на пресата е заготовка на рула или пръти, с кръгло, квадратно, шестоъгълно или с друго неправилно сечение[5-6].

Така изпресуваните заготовки преминават през улей с вода и се захващат от автоматична намоталка. Намотаването също се извършва под вода, осъществявайки на практика процес на безокислително пресуване и намотаване. Водата съдържа добавки за отнемане на кислорода и е предварително нагрята до $27^{\circ}\text{C} \pm 35^{\circ}\text{C}$. В хода на пресуването се налага охлаждането ѝ до посочените градуси.

След пресуването се получават три заготовки с дължина $19\ 600\text{ mm}$ с шестограмно сечение, под формата на дълги пръти.

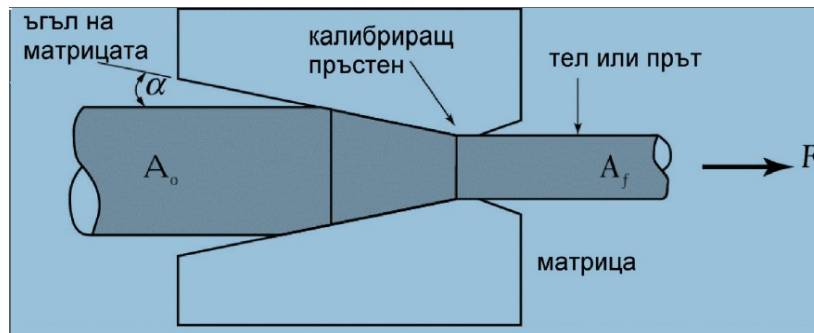
При пресуването е възможно да се появят различни по вид и форма дефекти (ламиниране, риза, неметални включвания, надирания по материала и др). Причините за появата на тези дефекти могат да бъдат различни, но главните са: неправилно почистване на втулката, остатъчни оксиди от предишен процес на пресуване или недостатъчно добро почистване на пресовата матрица, износен инструмент и др.

Следващият етап от производствения цикъл е процес на изтегляне. Реализирани са три схеми на изтегляне при три различни скорости – 30 , 50 и 70 m/min .

Изтеглянето се извършва на изтеглячен стан “ASMAG “. Процесът започва с подготовка на материала за преминаване през калибровъчна матрица. За целта трябва да

бъде фрезовано или валцувано началото на заготовката. Фрезването се осъществява на фреза за кръгъл захват. А валцуването на захватна машина за плосък захват.

Процесът на изтегляне се реализира под действието на теглеща сила F . Материалът преминава през дюза (матрица) (схема 3). Необходимата сила F зависи от ъгъла на матрицата, степента на редуциране на напречното сечение за един преход, температурата на заготовката и смазващото вещество. Размерът на полученото сечение зависи от калибриращия пръстен (Фиг.3).



Фигура 3.Схема на процес на изтегляне на тел или пръти (матрица)

Всяка от трите следпресови заготовки (дължини) е изтеглена с различна скорост. Първата заготовка е изтеглена със скорост 30m/min и сила от 75 KN; за втората скоростта е увеличена с 20m/min и достига 50m/min и сила на изтегляне от 115 KN, а за третата заготовка скоростта е увеличена с още 20m/min и достига 70m/min и сила на изтегляне от 163 KN.

От трите пресови заготовки с дължина 19 600 mm, след приложеното изтегляне и удължение се получават шест пръта с дължина 12 350 mm, по два от всяка пресова заготовка.

Проведени са експерименти за определяне на механични показатели- якост на опън, относително удължение и твърдост по Бринел. Определена е и електропроводимостта на образци получени при различните скорости на изтегляне.

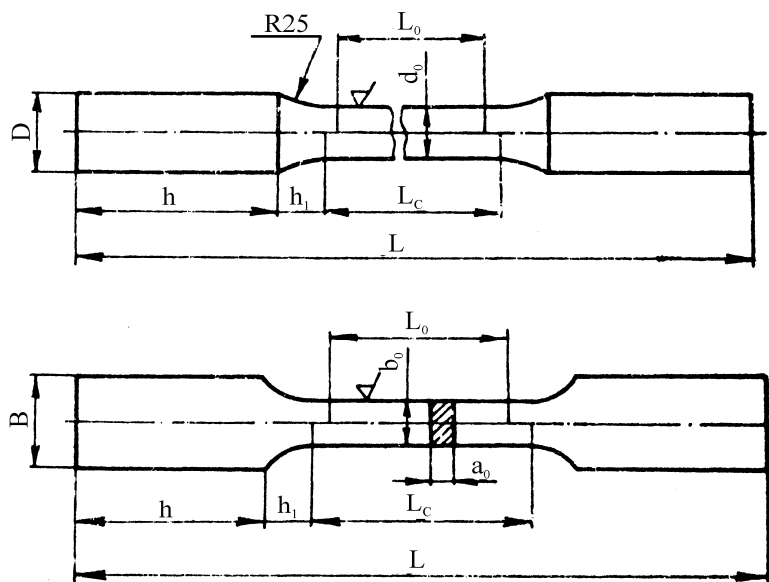
Експерименти на статичен опън са проведени при стайна температура. Използвана е машина Zwick/Roell и стандартни пробни тела, показани на фиг.4. Изпитани са общо 9 пробни тела- по три проби от всеки прът – начало, среда и край за всяка скорост на изтегляне.

Таблица 2. Якост на опън, относително удължение, твърдост по Бринел и електропроводимост при различни скорост на изтегляне -30, 50 и 70 m/min.

скорост на изтегляне	Rm MPa	A %	HB MPa	Електропроводимост MS/m
30m/min	315	21	90	58.1
	314	17	91	58,0
	314	18	91	58.1
50 m/min	301	19	89	58.1
	301	20	88	58.1
	302	22	88	58.1
70 m/min	295	22	87	58.2
	294	20	86	58.2
	295	20	86	58.2

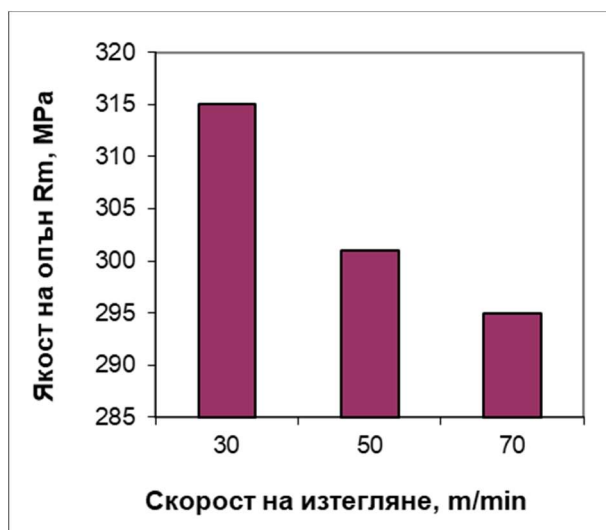
Формата на пробните тела трябва да осигурява по време на експеримента хомогенно едноосно напрегнато състояние на опън в работната част на пробното тяло. На Фиг. 4 са показани стандартни цилиндрично и плоско пробни тела за изпитване на статичен опън, съгласно стандарт БДС EN ISO 6892-1:2016, като са означени основните им размери.

Експерименталните данни са обобщени в Таблица 2.

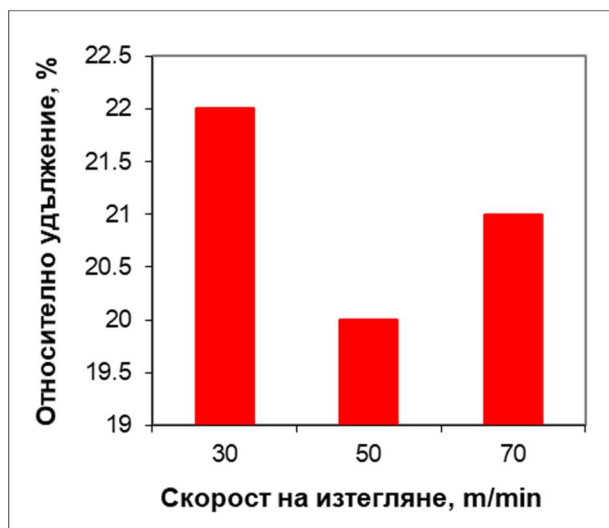


Фигура 4. Стандартни пробни тела за изпитване на статичен опън.

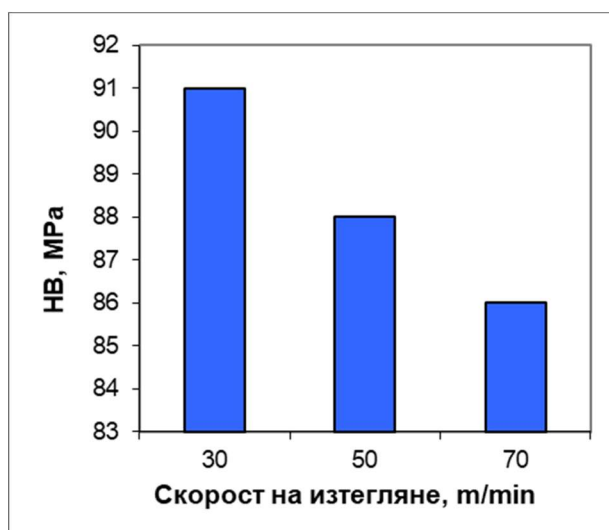
Въз основа на проведените механични изпитвания на опън е проследено изменението на съпротивителните показатели – якост на опън, условна граница на провлачане, и твърдост по Бринел ([БДС EN ISO 6507-1:2006](#)) в зависимост от скоростта на изтегляне на медните пръти и са построени графични зависимости.



а)



б)



в)

Фиг.5. Механични показатели:
якост на опън (а); относително удължение (б) и твърдост по Бринел (в),
в зависимост от скоростта на изтегляне

3. Заключение

Разгледана е действаща технологична схема на пресуване и последващо изтегляне на блокове от електропроводима мед (ЕТР) до получаване на дълго плътно изделие с напречно сечение правилен шестостен.

Разработени са и са реализирани три технологични схеми на пресуване и изтегляне до крайно изделие, които са базирани на промяна в скоростта на изтегляне, а именно 30, 50 и 70 m/min, като най-високата скорост отговаря на максималната скорост на изтегляния агрегат ASMAG. Установено е, че на практика и трите технологични схеми са възможни и на практика реализируеми.

Направено е окачествяване на получените изделия от гледна точка на геометрични размери и повърхностни дефекти. Установено е, че и при трите скорости на изтегляне се получава изделие с качествена повърхност, без видими повърхностни дефекти и без изменения в геометричните размери.

Проведени са механични изпитвания за определяне на якостта на опън и удължението, изпитвания на твърдост и изпитвания за определяне на електропроводимостта на получените готови изделия в твърдо състояние след реализиране на трите технологични режима (изтегляне при три различни скорости). Установено е, че якостните и пластичните свойства на метала се променят незначително, оставайки в интервала, указан от стандарта за изследваното изделие. Електропроводимостта остава непроменена.

От така получените резултати следва, че действащата в момента технологичната схема на пресуване и изтегляне на шестостепен профил (27 mm) може да се усъвършенства успешно, като процесът на изтегляне се реализира в един проход при максимална за агрегата скорост на изтегляне, а именно 70 m/min, в резултат на което се получава качествено крайно изделие с физико-механични свойства, отговарящи на стандарта.

Благодарности

Работата е разработена и представена с финансовата подкрепа на проект BG 05M2OP001-2.009-0015 „Подкрепа за развитие на капацитета на докторанти и млади учени в областта на техническите, природните и математическите науки“, финансиран от Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“, съфинансирана от Европейски съюз чрез Европейски социален фонд и НИС при ХТМУ, София.

Литература

1. Кючуков Й. Обработване на металите чрез пластична деформация. София, Техника, 1987.
2. Йорданова Р., Д. Ангелова. Пластична деформация и разрушаване на металите. Физични основи и технологични представи. Методи за механични изпитвания. Ръководство за упражнения, ХТМУ, София, 2010, с. 284.
3. Ангелова Д. Физика на металите. ХТМУ, София, 1999.
4. Койнов Т., Р. Шаталов. Теория и практика на пластичната деформация на метали и сплави. 2007.
5. Христов Ст. Изпитване и дефектоскопия на металите. София, 1988
6. Graaham Road. Manufacturing and Infrastructure Technology. P.O.box 56, Highetty, Victoria 3190, Australia, 2006.