

I 1.474.013

Інж. І. А. Фещенко-Чопівський  
Професор Гірничої Академії в Кракові.

# Як металъ протистоїть силам його деформуючим

(Уміцнення металів і металічних стопів).

ЛЬВІВ.  
Накладом Українського Технічного Товариства  
1926.

k.a. - m. typ.  
knes - m. ant.  
arbyler - m. ant.

Инж. І. А. Фещенко-Чопівський  
Професор Гірничої Академії в Кракові.

# Як металъ протистоїть силам його деформуєчим

(Уміцнення металів і металічних стопів).

ЛЬВІВ.

Накладом Українського Технічного Товариства  
1926.

Відбитка з „Технічних Вістей“



I 1.474.013



---

Печатня ОО. Василян у Жовкві

1991 > 492/5

## **Як метал протистоїть силам його деформуючим.**

(Уміцнення металів і металічних стопів).

§ 1. Механічна обрібка металів може відбуватися: або в звичайних температурах (на зимно), або в вищих температурах (на горячо).

Вплив механічної обрібки на свійства металів, незалежно від того, чи відбувається вона на зимно, чи на горячо — є великий. Але в нижченаведеному означимо лише вплив першої.

Механічна обрібка металів і стопів в звичайних температурах (вальцювання, протягування, пресовання, штамповання і т. и.) в техніці сильно поширена, особливо при обрібці виробів на малий перекрій і то з таких причин: 1) Чим менший є перекрій металю, тим меншим є відношення між теплом, що поглотується цим металем при його огріванню і поверхнею, що віддає тепло; 2) деякі метали і стопи при огріванню сильно поглотують кисень, а з тої причини при дальшій механічній обрібці дають риси; 3) при обрібці на зимно отримуємо більш докладні виміри, гладку поверхню, тоді як при обрібці на горячо цьому перешкоджає зендра.

В наслідок механічної обрібки на зимно в металах сильно збільшуються елястичні властивости, міцність, твердість, а разом з тим — сильно зменшуються видовження, звуження і відпорність на удари (збільшується крихкість)\*). Окрім того змі-

\*) Гексагональний цинк є виняток, бо після обрібки на горячо (100 — 120°) одночасово збільшує свої  $R$  (міцність в  $\text{kg/mm}^2$ ) і  $A$  (видовження в %).

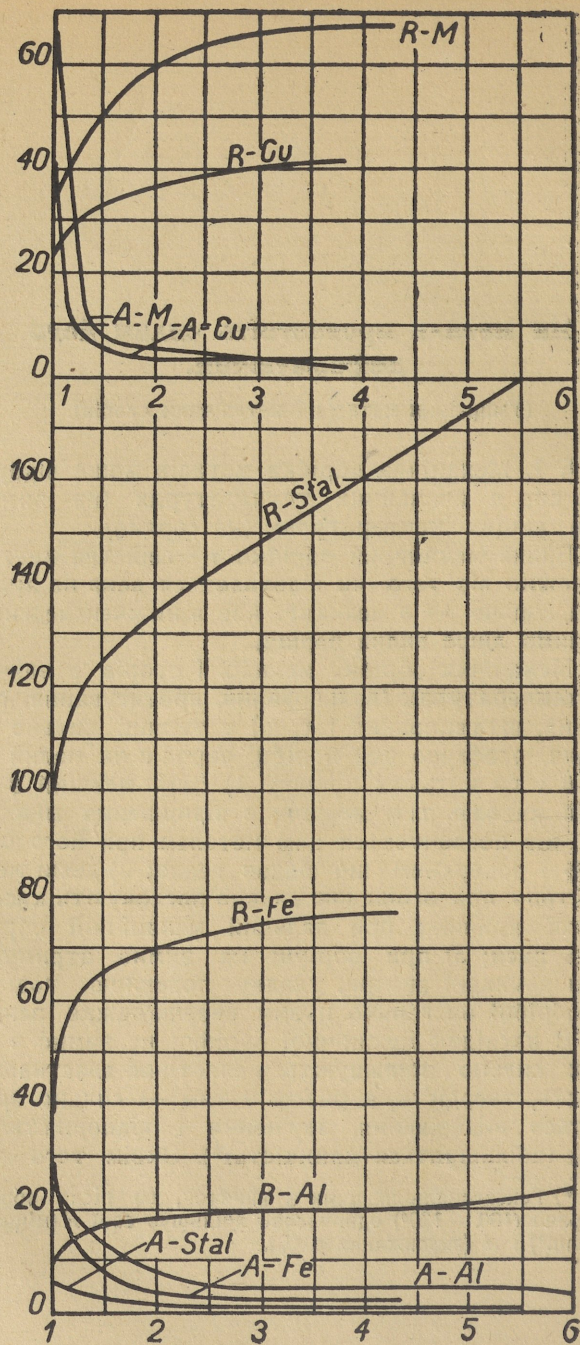


Рис. 1.

нюються і інші фізичні й хемічні свйства, як напри-  
 мр електричні, магнетичні, здібність до ржавління,  
 питомий тягар, поємність тепла і т. и. На цій під-  
 ставі в техніці процес механічної обрбіки металів  
 на зимно часто називають »уміцненням« а мірою  
 уміцнення (ступень обрбіки) називаємо відношення  
 $\frac{F_0 - F}{F_0} \cdot 100$ , де  $F_0$  = перекрій металю до обрбіки, а  $F$  =  
 новоповставший перекрій в наслідок механічної  
 обрбіки. Відношення  $\frac{F_0}{F}$  = ступень розтягування  
 (Streckzahl).

Рис. ч. 1 показує вплив різних ступенів розтя-  
 гування (осий поземих) на міцність ( $R$ ,  $\text{kg./mm}^2$ ) і ви-  
 довження ( $A$ ,  $\%$ ) сталей, мягкого заліза ( $Fe$ ) гли-  
 ну ( $Al$ ), міді ( $Cu$ ) і мосяжу ( $M$ ).

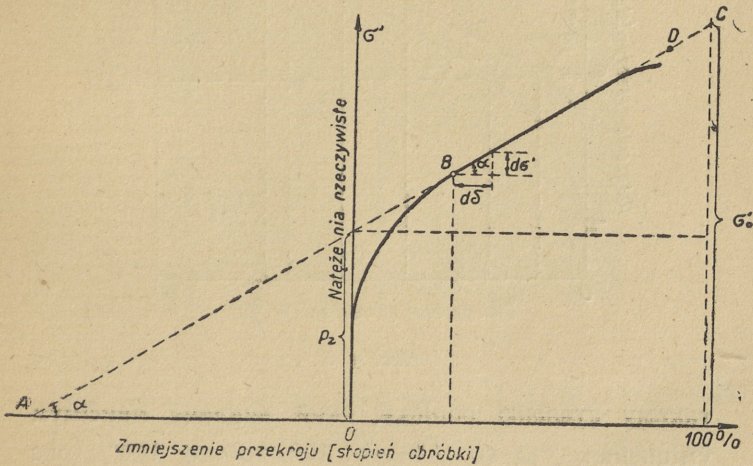


Рис. ч. 2.

Під впливом сили  $P$  в перекрою  $F$  виникають  
 напруження  $\sigma'$  (wahre Spannung в  $\text{kg./mm}^2$ ) так, що  
 $P = F \cdot \sigma'$ . В міру збільшення ступеня обрбіки ро-  
 сте  $\sigma'$ ; характер зросту  $\sigma'$  показує крива  $OBDC$   
 (рис ч. 2), де точка  $B$  означає початок плястичних

деформацій і появлення перших явищ уміцнення. Для точки  $D$   $\sigma = \frac{\sigma'_0}{2}$  це «правдиве напруження» в момент розриву пробки  $\operatorname{tg} \alpha$  є міра уміцнення (тоб-то відтинок  $Pz$ , при умові, що  $AO = 1$ , або  $\frac{d\sigma}{d\delta}$  що означає приріст правдивих напружень до викликаной під їх впливом зміни степеня обрібки).  $C$  є гіпотетичний пункт, який означає «правдиві напруження», що відповідатимуть

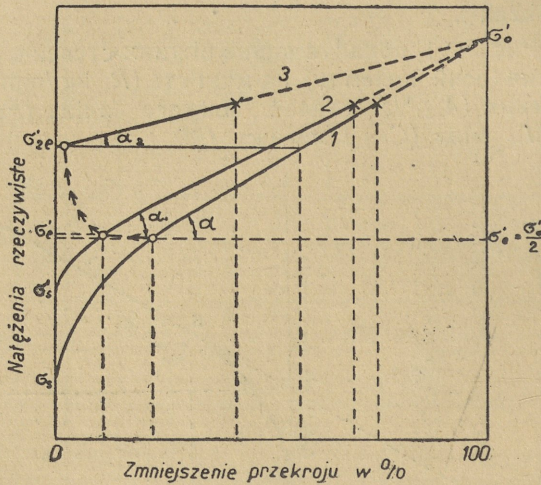


Рис. ч. 3

такому степеню обрібки, який викличе максимум уміцнення, тоб-то  $\frac{F_0 - F}{F_0} \cdot 100$ , тоб-то 100% (рис ч. 3). Положення точки  $D$  є змінне; воно завжди знаходиться між  $B$  і  $C$  і залежить не тільки від природи металю, степені його чистоти, а рівнож і від попередньої його термічної обрібки.

Точка  $D$  є тим практичним максимумом уміцнення, при якому заходить розрив. З вичерку ч. 3 є зрозумілим, що в частково уміцнених пробках



1, 2, 3... кут  $\alpha$  робиться що раз меншим ( $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \dots$ ) аж поки, остаточно здібність металю до уміцнення не буде цілковито вичерпана. Цей стан металю характеризується максимумом крухости, а привернення попередних (нормальних) свійств може бути досягнуте лише послідоучим вижарюванням, що нищить обяви крихкости і привертає металю його здібність до видовження.

§ 2. Як відомо — металь складається з купи неправильно побіч себе уложених кришталів, з кот-

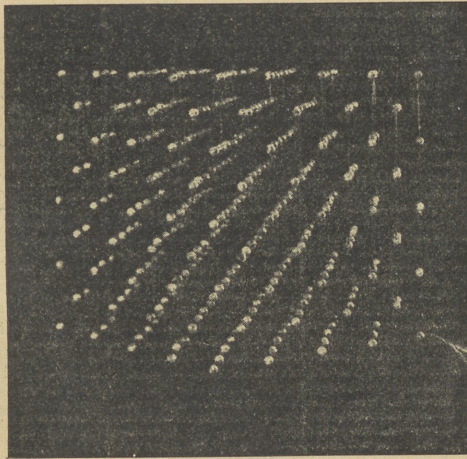


Рис. ч. 4.

рих кожний посідає відмінну від других орієнтацію. Внутрі кришталу уложєння атомів є строго правильне й симетричне, рис. ч. 4\*).

Кожний окремий криштал виказує проти зовнішніх деформуючих сил певний йому властивий опір, залежний від того, в яким напрямі до його головних кристалографічних осей ділають зовнішні сили. J. Czochralski сконструував цікаві моделі для

\*) Див «Будова металів і металічних стопів» § 1 — 4.

змін свійств  $R$  і  $A$  в поодинокім кришталі міді, в залежності від напрямку деформуючих сил до його головних кристалографічних осей, див рис. ч. 5 — модель зліва для значінь міцности ( $R$ ) і модель з права — для значінь видовження ( $A$ ). J. Czochralski сконстатував, що міцність кришталу в певнім напрямі тісно звязана з густрою обсаження атомами відповідних площ простірної сітки. Так наприклад для міді густро обсаження атомами площ додекаедра [011], куба [001] і октаедра [111] є в відношенню 0,846: 1 : 1.384, а міцність в тих-же нап-

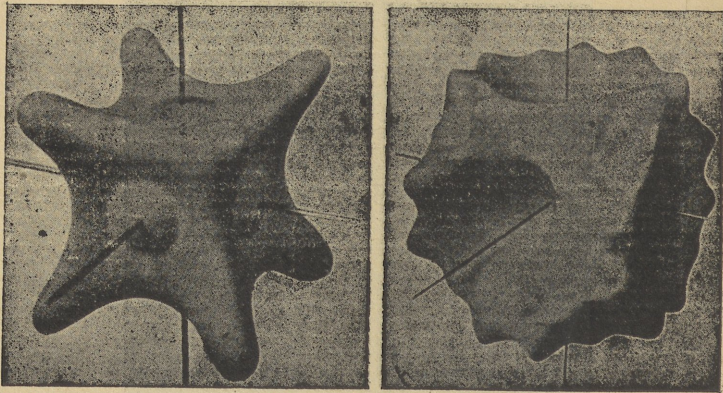


Рис. ч. 5.

рямах є в відношенню 15: 15: 24. Деформації відбуваються в кождім кришталі з окрема вздовж певних з гори геометрією простірної сітки означених площ совгання (в кристалографії — площ лупливости, див рис. ч. 4). Тому здібність металю, або металічного столу до плястичних деформацій тісно звязана з існуючими в його елементарнім укладі площами совгання. В разі, коли устрій простірної сітки даного металю є простий і виявляє багато площ «легкого» совгання, то такий матеріал буде високо плястичний. Крихкі металі посідають ском-

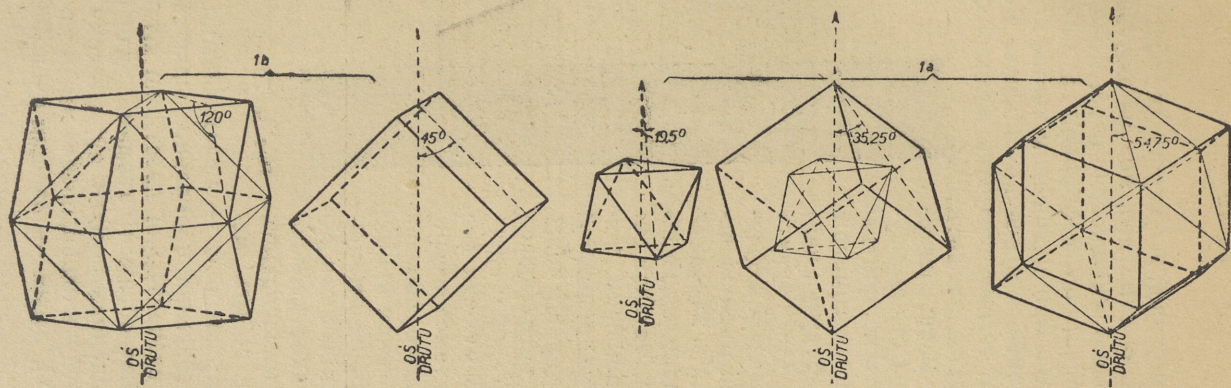


Рис. 4. 6.

плікований внутрішній устрій; їх простірні сітки виявляють малу симетрію, яка не обусловлює присутність більшої скількості площ легкого совгання, а тому плястичні деформації в них заходять з трудом, хіба при підвищених температурах, коли атомова рухливість є значно більшою. Металі, котрих простірні сітки виказують високий степінь симетрії, можуть посідати по де-кілька площ легкого совгання. Останні будуть розміщені в кристалі відповідно його симетрії. Одні з них будуть най-лекші — по ним будуть відбуватися перші деформації; дальші степені деформацій будить заходити по другим площам совгання з меншим степенем симетрії і т. д, аж поки кристал не буде знищений через повстання щілини.

Скількість ділаючих площ совгання при однаковости деформуючих сил залежить від температури, тиснення (відомо, що під більшим тисненням крихкі металі стають плястичними), складу (скількості домішок) і швидкості ділаючих сил (велика швидкість ділаючих сил робить метал крихким; повільна — плястичним).

Площі совгання нормально являються тамти ми площами елементарної простірної сітки металю, які найгустіше обсажені атомами. Для простірної сітки типу міді (яка посідає дуже високу симетрію, тип 1-а) то будуть площі, поземі насамперед площам октаедра [111], засим — площам куба [001] і, наре-

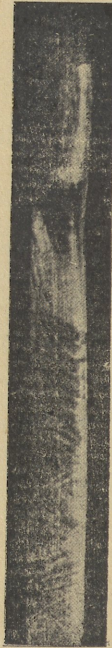


Рис. ч. 7а.

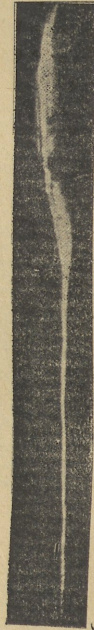
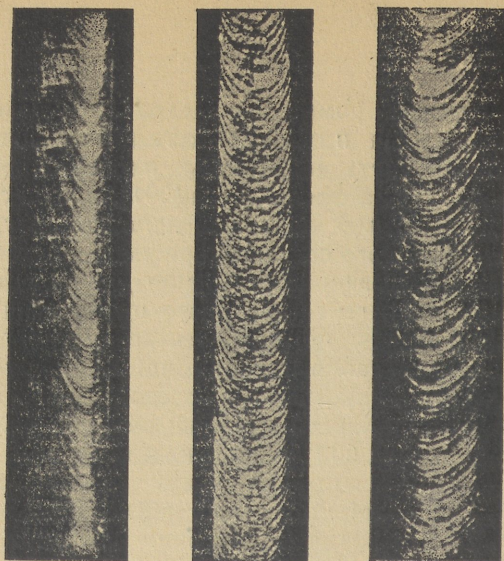


Рис. ч. 7б.

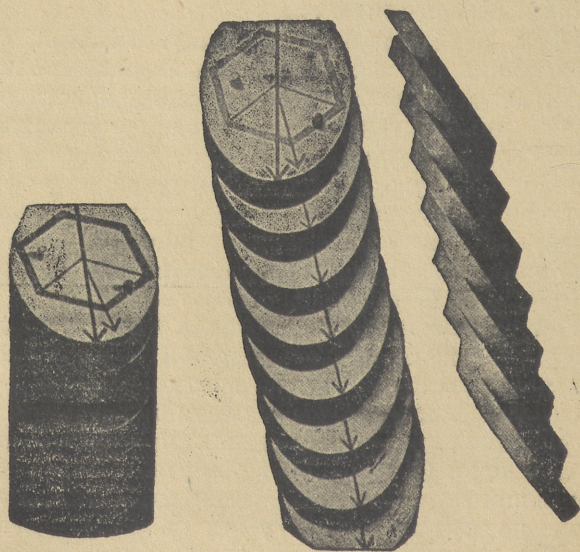
шти — площам ромбо-додекаедра [011], див. рис. ч. 6 зправа, Для простірної сітки типу вольффраму (тип 1-*b* то будуть насамперед площини ромбо-додекаедру [011], а засим куба [001], див.рис. ч. 6 — зліва. На рис. ч. 6 показані відповідні фігури і напрямки найлекшого совгання при умові застосовання з напрямком ділаючих сил відповідних кутів.

Деформації гексагонального цинку (тип 3) відбуваються вздовж підстави гексагональної призми яка творить з напрямом ділаючої сили кут в  $45^\circ$ . В такому случаю цинк, який по своїй природі не належить до плястичних металів, вже при звичайних т-ах виказує до 600% видовження (а при  $200^\circ$  —  $2000\%$ ). Рівнож і крухий бісмут (простірна сітка типу 4), при умові, що площа найлекшого совгання творитиме з напрямком ділаючих сил кут в  $45^\circ$ , виказує при температурі =  $200^\circ$  —  $300^\circ$  видовження. Взагалі плоскості в яких виступають перші сталі деформації завжди замикають кут в  $45^\circ$  з напрямком деформуючих сил.

Тут буде до речі зазначити цікавий факт сплющування під час процесу повільного розтягування тих металів, які в силу своїх кристалографічних особливостей посідають одну переважаючу площу совгання. Приміром, поединчий кристал цинку, який був ужитий до розтягування у формі округлого дроту, під час процесу розтягування переходить в плоску тасьму, якої широкість на початку робиться більшою від проміру самого дроту, див. рис. ч. 7. Совгання відбуваються в площі, похиленій до осі дроту під кутом в  $45^\circ$  через цілий перекрій в той спосіб, що перекрій кожної з совгаючихся верств з поверхнею дроту є еліпсою див. рис. ч. 8, де вищезазначені еліптичні верстви ясно виступають для zdeформованих кристалів цинку (з ліва), цини (в середині) і бісмута (з права). В міру дальшого видовження площі совгання стають майже поземо до осі дроту (до напрямку ділаючих сил). Для металів, яких простірні сітки посідають кубічний уклад (напр Al) явище сплющування не



*Рис. ч. 8.*



*Рис. ч. 9.*

заходить, бо їх простірна сітка посідає кілька площ совгання і ні одна з них не має переважаючого впливу.

В сталях, ogrivanih нижче їх критичних температур, час від часу помічається повставання щилин-посідаючих деяку закономірність, а власне напрям одної з них є поземий до площ вальцювання, а два другі напрями прямовісні до попереднього і складають з осю вальцювання кут в  $45^\circ$ . Ці напрями відповідають сторонам куба [001], а ціле це явище, відмічене в літературі Stead'ом в 1898 р. носить назву »крихкість Stead'а«.

§ 3. Механізм совгання в металічнім кристалі під впливом деформуючої сили Z. Jeffries прирівнює до совгання, яке заходить в талії карт під тиском пальця в напрямку доземім до площ карт, уложених в колоду.

Фіг. ч. 9 представляє механізм совгання в простірній сітці гексагонального цинку в напрямі коротшої стрілки. Груба, довша стрілка показує напрям великої осі еліптичних площ совгання. В міру зменшення кута по F. Weverу по черзі заходять: 1) властиві деформації, тоб-то взаїмні пересунення совгаючихся верстов по площинам совгання в відповідних напрямках; 2) оборот тих верстов наоколо осі доземої до площ совгання; при цім одночасово змінюється й кут  $\varphi$  між напрямом деформуючих сил і напрямом совгання і 3) оборот довкола осі в самій площі совгання, а доземо до напрямку деформуючих сил, що спричиняється тому, що головна вісь здеформованого кристалу стремить зіллється з напрямом ділаючих сил.

Вичерпанія здібности кристалів до явищ легкого совгання характеризується появленням в пробках шийки (звуження): це означає, що совгання в даній простірній сітці почали відбуватися по новим площинам совгання, площам меншої симетрії.

Z. Jeffries і R. Archer обясняють механізм деформації в поединчім кристалі в слідующий спосіб: »най А (рис. ч. 10) є пробка на розрив квадрато-



вого перекрою, виточена з поєдинного кришталю якогось плястичного металю. Площі совгання в ній уложені прямовісно до площі паперу і творитимуть кут в  $45^\circ$  з осєю пробки. В міру взросту нагрузки підчас розтягування деформації через совгання відбуваються в напрямі »ab« (схема В). Плястичний металю посідає властивість автоматичного гамування рухів совгання в якійсь одній площі (через заклиновування площ совгання від тертя, або в якийсь инший спосіб. Тому в цій площі замість совгання

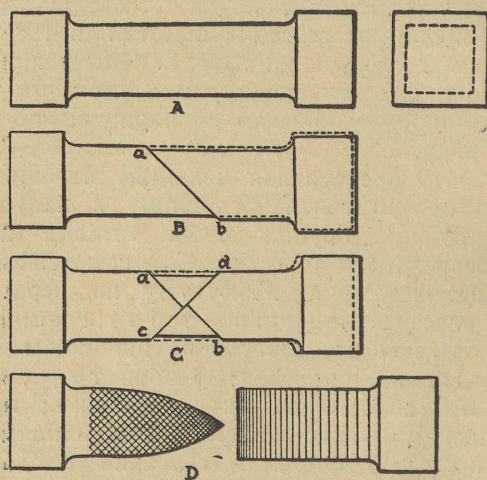


Рис. ч. 10.

аж до розриву, рух на ній поволі, в міру зросту опорів проти совгання, затримується і в кінці кінців совгання переходить на нову площу »cd« (схема С), яка до попередньої складає кут в  $90^\circ$ . Звідси ясно, що такі послідовні совгання що раз на нових площах совгання тягнуть за собою одночасово і збільшення довжини і зменшення поперечного перекрою. Схема D показує пробку після розриву. Ліва частина представляє ту саму площину,



що й схеми *B i C*, звужену, а права — повернута на кут в  $90^\circ$ , уявляє з себе загострений з двох боків клин сталі ширини. Паралельні лінії — це виходи на поверхню площ совгання, означених на схемах *B i C* простими »*ab*« та »*cd*« (The science of Metals, стор. 170).

Уміцнення кристалічного агрегату спrowadжується до уміцнення поодиноких кристалів з котрих він складається. Наслідком уміцнення є тамованне

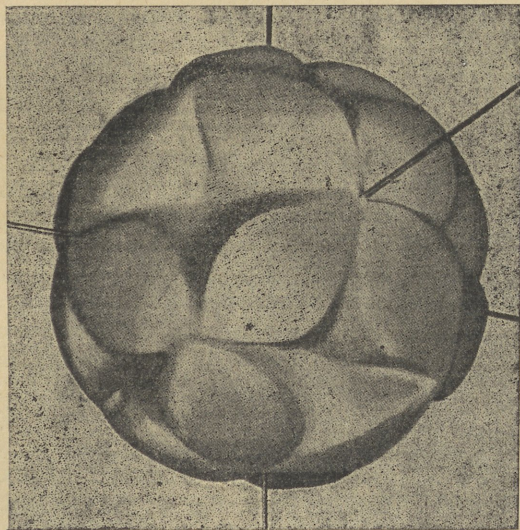


Рис. ч. 11.

явищ совгання в поодиноких кристалах. Здібність до уміцнення цілого агрегату кристалів є тому значно більшою ніж здібність до уміцнення окремих поединчих кристалів.

*J. Czochralski* на підставі своїх досвідів збудував модель взміцненого дорогою обрібки на зимно поединчого кристалу міді у всіх можливих напрямках ділання на нього деформуючих сил (рис. ч. 11). З цього моделю видно, що тіло міцности взміцне-

ного кришталу міді представляється в постаті майже правильного шара. Давні стіни додекаедра, по котрим відбувалися остатні совгання кристалітів (частин кришталу), зісталися зазначені на моделю лише порівнююче незначними заглибленнями, а векторіяльні значіння поверхні уміцненого кришталу, незалежно від його кристалографічних напрямів в більшости случаїв рівні, або наближаються до значінь попередньої максимальної вартости неуміцненого кришталу. Коли до уміцнення криштал заховався при пробах на розрив в ріжних кристалографічних напрямах як тіло анізотропове, то, в наслідок уміцнення, його міцність у всіх напрямах стала однаковою і найбільшою. Причини взміцненого стану металічного обекту треба шукати во властивім захованню простірної сітки цього металю до зовнішніх деформуючих впливів і в дальшому ми розглянемо ті властиві процеси (рухи), які можуть заходити, а можливо й заходять в простірній сітці металю підчас обрібки на зимно.

§ 4. Безсумнівним є, що в простірній сітці металю, підданого зовнішнім деформуючим силам, заходять певні пересунення цілих громад атомів вздовж площин совгання. Такі рухи можуть заходити або в той спосіб, що 1) рухи атомів будуть такого характеру, що нормальні атомові відступи будуть заховані непорушно, а рівнож цілий геометричний уклад простірної сітки, всі кути в ній позістануть незмінними (теорія пересунення *Translationshypothese G. Tammann'a*), див. схема на рис. ч. 12-з ліва; або що 2) наслідком таких атомових рухів не буде отака закономірна і симетрична послідовність; атоми будуть переміщуватися на якісь довільні части атомових відступів, займуть якісь переходові положення, що потягне за собою зміну в фізичних свійствах цілого здеформованого обекта, а геометрія і симетрія простірної сітки при цім нищиться в тім більшим степені, чим більшим був застосований ступень механічної обрібки на зимно (теорія переміщень *Verlagerungshypothese I. Czochralski'ro*), див.

схема на рис. 12-зправа. Окрім цих двох теорій в Англії і в Америці має права горожанства ще третя теорія «аморфна» яка виходить з założення, що підчас совгання в наслідок тертя атомів на площах совгання повстає плинна фаза металю, яка по закінченню хвильового руху, твердне в більш тверду аморфну масу і що дорогою повстання в нутрі такого здеформованого кришталу більшої скількості таких аморфних прослонків (верстовок), металъ зміцнюється що раз більше й більше. Але зупинимося коротко на кожній з цих трьох вище зазначених теорій з окрема в хронологічному порядку їх повстання.

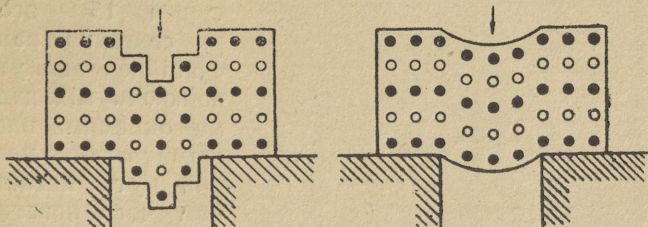


Рис. ч. 12.

§ 5. Заслужений Геттінгенський професор Г. Тамманн, металург і фізикохімік своє обяснення механізма плястичних деформацій в металічній кришталі спроваджує до слідуєчих одна за другою стадій: 1) части простірної сітки кришталу (кришталіти) пересовуються вздовж кристалграфічних площий совгання в певних напрямках й то в такий спосіб, що ці пересунення (трансляції) надаються до кількостевих обчислень, а засим 2.) наступає кристалграфічно геометричний оборот відповідних частин простірної сітки о певний кут. Наслідком такого скомплікованого плястичного руху (совгання і наступного обороту\*) симетричний і делікатний устрій

\*) Однак якого делікатного обороту частин кришталу наоколо якоїсь осі і в певнім напрямі вимагає припущення, Як металъ протистоить силам його деформуєчим. 2

простірної сітки кришталу, по твердженню G. Tampp'a не руйнується.

Однак сліди цих рухів в самих кришталах позістають і то у формі так званих ліній совгання (порівнай рис. ч. 13 — м'яке електролітне залізо до деформації і рис ч. 14 — теж залізо після деформації, поб. 100). При наступних стадіях механічної обробки на зим-

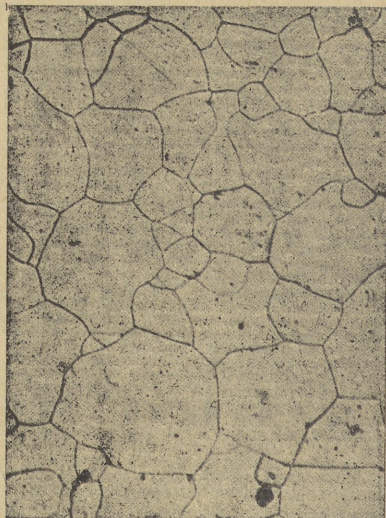


Рис. ч. 13.

но окремі елементи кришталу (кришталіти) зісовуються один відносно другого або безпосередно, (схема рисун. ч. 15 — згори совгання трансляційне), або утворюючи між двома окремими площамисовгання певний кут, наслідком чого повстають «близнячі утвори» Zwillingsbildungen, схема рис. ч. 15 — здолу) див. рис. ч. 16. — близнячі утворив сріблі.

що простірна сітка або розтягається або стискається. Досі не можна виобразити якогобудь обороту наоколо осі за допомогою єдине лише якихось поземих пересувань.

Зовнішня сила під впливом якої заходять плястичні деформації мусить стало зростати аж до тої міри, коли, остаточно не будуть виконані умови потрібні для витворення совганья в найміцніше уложених кришталах.

Зміст гіпотези Tammann'a укладається в таких коротких словах: будова простірної сітки металю, підданого діланню деформуючих сил на зимно, захищається від знищення здібністю простірної сітки до утворення площ совганья.

Ця найстарша теорія за останні часи конечно дізнала значних змін і доповнень. Так наприклад P. Ludwig (1919) відносить наслідки обрїбки на зимно (взмїцнення) на рахунок явищ заклиновування площ совганья, які пов-



Рис. ч. 14.

стають як результат місцевих забурень в простірній сітці: R. Gross (1924) пішов ще далі і припускає, що в місцях зустрічі площ совганья повстає делікатне фалдовання (анальогічне тому, що має місце в геологічних процесях). Таке фалдовання конечно тягне за собою утруднення явищ совганья (анальогічно як і Людвіговсьяке заклиновування); цю думку підпер F. Körber (1925). Впрочім в одній з останніх своїх робіт R. Gross вже згадує про «хаотичне» уложення атомів яке повстає в наслідок високих степенів обрїбки на зимно (wilde G tterverlagerung), що ніби наближує його погляди до «аморф-

ної теорії. F. Körber (1925) припускає, що при наделастичних деформаціях заходить розщеплення кристалу на тоненькі волокна (Lamellen), які не тільки здібні до совгань одно по другим, а рівнож і до значних степенів згинання (Verbiegung); в наслідок останніх в кінці може наступити знищення симетричного укладу простірної сітки. В міру збіль-

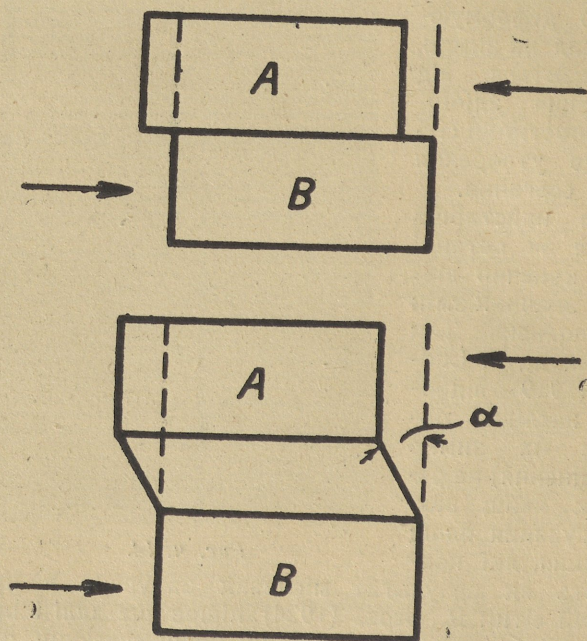


Рис. ч. 15.

шення степеня обрібки між зовнішніми найбільш розтягнутими волокнами, а внутрішніми — більш стисненими, можуть повстати навіть маленькі порожні (Hohlräume) для виповнення котрих добре надається припущення R. Gross'a а за ним і F. Körber'a фалдовання площин совганья яке в міру збільшення степеня обрібки що раз збільшується, а пло-

щини совгання тим самим що раз більше закривлюються, можливість дальших совгань внутрі кришталу — тамується, а сам кристал при цім — уміцнюється. Однак, жаден з цих авторів не дає стислої і вичерпуючої відповіді не поставлене конкретне запитання, що-ж робиться в кінці кінців з простірною сіткою в наслідок високих степенів механічної обрібки на зимно!

Американський металюрг Z. Jeffries (1924) процеси, які заходять в металічнім агрегаті кришталів під час механічної обрібки на зимно, укладає в слідующий спосіб: 1) випадкова орієнтація кришталів в міру збільшення степеня обрібки стремить до певного сталого напрямку, залежного і вказаного напрямком деформующих сил;

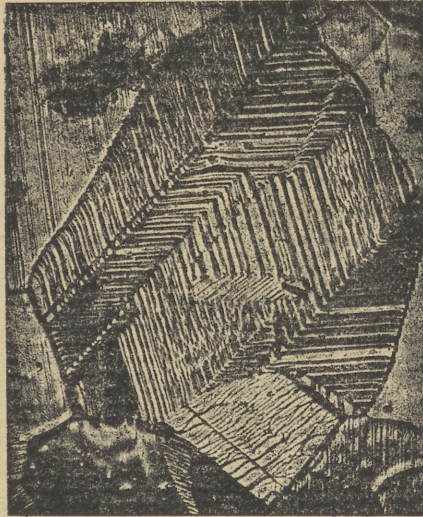


Рис. ч. 16.

2) ця нова орієнтація до якої стремлять фрагменти кришталів є залежна від типу простірної сітки, 3) попередня термічна обрібка металічного агрегату кришталів викликає лише випадкову зміну орієнтації; сталий напрям орієнтації виявляється лише після механічної обрібки; 4) кінцева, стисла і однородна орієнтація всіх фрагментів кришталів металічного агрегата виступає лише після високого степеня механічної обрібки на зимно; структура такого сильно тягнутого металічного агрегату наб-

лижається до структури поодинокого кришталу: 5) всяка альотропова переміна втворює в металі цілком нову і випадкову орієнтацію.

Повище зіставлення виводів Z. Jeffries'a показує, що останній вбачає причину зміцнення металічних конгломератів в щораз зростаючим безпорядку уложення площ совгання, а разом з тим — в що раз зростаючим розрушенню первісних кришталів. Звідси впливає важність слідуєчої теорії — »переміщень«.

§ 6. J. Czochralski виходить з заложення, що підчас плястичних деформацій заходять на початку частинні переміщення частин простірної сітки по площам совгання; однак, в міру збільшення деформацій, ці переміщення допроваджують уклад простірної сітки до цілковитого знищення. Явищем совгання (Тамманівські кристалічно-геометричні зміни положень) приписується тут лише другорядне значіння, лише при перших початкових деформаціях. В міру збільшення степеня обрібки виступає що раз більша кількість quasi-кристалічних змін положень (совгання і обороту), які відбуваються послідовно одні за другими без перерв. В наслідок останніх заходять дальші зміни форми металічного об'єкта підданого механічній обрібці на зимно з що раз зменьшующимся ефектом уміцнення. Це стан »вимушеної гомеотропії« (erzwungene Homöotropie).

На користь теорії переміщень компетентно промовляє рентгенівська аналіза, як наприклад: 1) повставання астерізму на діаграмах Laue (на рентгенофотографіях поодиноких кришталів; 2) повставання близнячих кришталів після зміни напрямку деформуючих сил; 3) явища рефлексії що з'являються на поверхні поодиноких кришталів в наслідок сильних деформацій і 4) може найміцніший доказ — об'яви рекристалізації (розростання) окремих здеформованих кришталів і звязані з цим явищем зникання ліній совгання і близняків, що означає поворот простірної сітки до природного (хоча й не до первісного!) стану. Однакож і Czochralski на



сьогодня ще не дає закінченого шемату розрушення простірної сітки і лише передбачає, що між здібністю до плястичних деформацій (здібністю до плинності) і геометричним укладом простірної сітки даного металю існує якась залежність і що під час механічної обробки металічних об'єктів на зимно заходять якісь неодвратимі переміни, звязані з розпадом простірної сітки.

§ 7. Аморфна теорія зміцнення металів і металічних стопів утворена в Англії: її творець G. Veilby (1911). Трохи пізніше (1914) цю теорію значно розвинув і доповнив англійський професор W. Rozenhain в співробітництві з Ewig'om, а звідти ця теорія, оминаючи континент Європи, де вона й донині не має приклонників, перенеслася до Нового Світу.

Вже не раз повторювано, що металічна будова характеризується певним геометричним уложенням атомів в своїх простірних сітках. Тому, під «аморфним» стопом металічної будови треба розуміти (протилежно кристалічному) відсутність такої правильності і симетричності уложення. Аморфний стан металів можна прирівняти до переохолодженого розтвору з захованою будовою течі лише в твердім стані. Хоча атоми в аморфнім металю і утримуються на сталих позиціях, однакже уложення їх є такого роду, що існування площин совгання (лупливости, слабости) виключається. Тому деформації в аморфних метаялях виступають при одноразовім руху більшої кількості атомів, що тягне за собою конечність поборення більшої скількості атомових когезій. Однакже сили когезій в аморфнім металі можуть бути переможені малими зовнішніми силами, однак ділаючими протягом довгого часу\*)

---

\*) Смола легко може бути спорашкована. Однакже при тих самих температурах (звичайних) вона вже під власним тисненням (горішних верств) може бути цілковито спожена, а баньки воздуха, що затрималися між частинками спорашкованої смоли — мало по малу підносяться в гору.

Різниця температур викликає в механічних прикметах аморфних тіл дуже великі й різкі зміни; при низьких температурах твердість і міцність їх дуже велика, а при високих температурах цих прикмет майже нема.

G. Veilby думає, що під час процесу механічної обробки металю на зимно, в місцях сталих деформацій від внутрішнього тертя кристалів один об другий під час совгання на площі совгання утворюється тоненька верстівка плинного металю, яка негайнож, твердіючи, перетворюється в аморфну масу, подібну по своїй будові до шкла. Ця верстівка грає ролю цементу; вона дуже тверда й крихка, а тому плястичні й м'яккі метали й стопи, після механічної обробки на зимно, робляться крихкими й твердими. Пізніші деформації витворяють що раз нові й нові площі совгання, а на останніх, внаслідок тертя, все нові й нові партії атомів залишають свої місця в штивній кристалічній простірній сітці і переходячи через плинний стан, перетворюються в аморфний цемент, який насичує собою криштал, чим дальше все в більшій степені. Паралельно з цим процесом зростає міцність і твердість кришталу, а коли криштал цілковито вичерпає свою здібність витворення нових площ совгання, то він робиться нездібним до дальших деформацій і тоді наступає розрушення (розрив, злом, щілина).

Перспективи, що відкриваються на підставі оцієї теорії виглядають многообіцююче. Однак є один контраргумент (з багатьох!) який нищить цю теорію в корні. Ще не получено жадного металю в стані аморфнім ні дорогою механічної обробки на

---

Бочку смоли можна випорожнити через маленьку дірку. Однак нагальний різкий удар розбиває витікаючу смоляну струю і в такім разі злом буде мати шклистий вигляд з гострими кантами. Смола, залежно від величини ділаючої сили і часу ділання сили може бути крихкою і тягучою, твердою і м'яккою. Відпорність смоли на наглі деформації — велика, на повільно ділаючі сили — слаба.

зимно (щоби впливало зі самої теорії) ні штучною дорогою. Однак і самі автори цієї теорії не перечать твердженню, що лише за помічу механічних деформацій не можна перетворити кристалічного металю в аморфну відміну\*).

Цікаві властивости виявляє стоп Rozenhain'a ( $Zn = 89\%$ ;  $Al = 7\%$ ;  $Cn = 4\%$ ), який під впливом малої деформуючої сили, ділаючої протягом довшого часу виказує властивости аморфного матеріялу. Пробка цього стопу у формі полоси може бути сильно зігнута в руках при осторожнім і повільнім русі; при швидкім русі — ламається з гострими кантами, подібно як смола або шкло. Однак цей стоп є кристалічний, хоча, безсумнівно цей його виключений фізичний стан є викликаний високим степенем дрібнозернистости.

§ 8. Rozenhain і Ewen ідентифікують аморфну масу, що повстає в наслідок механічної обрібки на зимно з тим аморфним цементом, що цементує в виді цементу окремі кришталі в цілий агрегат кристалів. Здавна відомий факт, що матеріял границь кришталів більш міцний і більш твердий чим матеріял самих кришталів. За це промовляє й той факт що злім в металях при звичайних температурах відбувається через кришталі, минаючи границі кришталів. Однак, при вищих температурах, особливо близько температур топлення металів, спійність між окремими кришталями остільки слабшає, що злім йде вже по границям кришталів. Аморфний металъ в низьких температурах є міцний і твердий, а в високих швидко розмягчується. Зрозумілим є, чому твердість і міцність металів зростає в міру збільшення дрібнозернистости: в дрі-

\*) Тут автори роблять таке цікаве спостереження: чим більш скомплікованою є молекула, чим більшу кількість атомів вона містить у собі, тим трудніше укластися їй в криштал! В таких случаях молекула є за мало рухлива. Молекули шкла і смоли містять много атомів і тому їх нормальний стан — аморфний. Молекули металів — одноатомові а тому металям присущий переважно кристалічний стан.

бнозернистих металях знаходиться максимум аморфного цементу, що оточує ці зерна і спює їх між собою.

§ 9. Z. Jeffries і R. Archer припускають, що під час совгання утворюються певні кількості аморфного металю. Однак вони розділюють процес совгання на дві стадії. Підчас процесу совгання виникають в площинах совгання опори проти явищам совгання; опори ці чим даліше все взростають, аж поки самі площі совгання не стануть площами тамування, що спричиняється до переходу совгання на нові площі. На початку совгання утворюються певні кількості аморфного металю. Однак як тільки площини совгання перетворюються в площини тамування, наступають відмінні умови, які викликають місцеву дезорганізацію в будові простірної сітки металю. Jeffries і Archer, вслід за Rozenhain'ом, також припускають, що вміру збільшення степеня обрібки на зимно поверхня границь кришталів, а разом з нею і кількість аморфної маси, з котрої уложені оці границі кришталів, все зростають на рахунок кристалічних фрагментів, котрі віддають свої атоми з поверхні на утворення все зростаючих скількостей аморфної маси. В міру зросту плястичних деформацій при температурах нижче температури рекристалізації граничні аморфні верстви робляться що раз грубші.

Наприкінці слід зазначити спробу T. F. Russell'a на підставі термодинамічних обчислень дати чисельне значіння грубости аморфної верстви, повставшої підчас обрібки на зимно на площині совгання; він обрахував її  $= 1,84 \times 10^{-6}$  см. Гальванічний елемент, утворений з двох плиток заліза недеформованого і провальцованого на зимно виказав ріжницю потенціалів  $= 0,000275$  в.

---

В такий спосіб ми представляємо собі проти-ділання металю зовнішнім силам, його насильно деформуємим. В дійсности металъ напевне розв'язує

цю прикру для нього проблему чужого вмішування в його внутрішній розпорядок якось значно простійше! Бо природу сам чоловік робить такою скомплікованою і таємничою, якою він хоче її бачити і рахувати з огляду на свої немічні, обмежені «людські» сили. Але, як все це заходить в дійсності?.. Най шановний читач ще сам трохи над цим подумає. А ми залишаємо за собою право в дальшому повернутися до зачеплених тут тем.

---



clav p. Jeremy Bohem  
W-wa 30-07. 91.