

K.a. - m. aut.
Knes - m. aut.
aukyhu - m. aut.

II 1.412.463

Проф. др.-інж. І. А. Феценко-Чопівський.

Про деякі фізичні властивості рекристалізованого м'якого заліза та структуральні особливості рекристалізованої будови.

Під впливом зовнішніх сил металі легко підлягають постійним деформаціям. В тих случаях, наколи ці деформації відбуваються в звичайних температурах, т. з. наколи це будуть деформації на зимно, здеформований матеріал одночасно дізнає змін в своїх фізичних, зглядно механічних властивостях. Одночасно повстають зовнішні ознаки процесів, що відбулися внутрі металю. Нині існують вже добре розроблені способи для викликання доказів відбувшоїся механічної обробітки на зимно,¹⁾ а між тими способами найбільш корисні є слідуєчі:

1) Пізнавання ліній та фігур плинности (ліній ділання сил). Ця метода розроблена Frg²⁾. Коли знаємо зовнішнє обтяження та кут, під яким закривлюються в данім місці лінії плинности поодиноких кристалів, можемо, як це довів F. Körber³⁾, вчислити фактичне (дійсне) напруження, яке ділає в тім місці обтяженого зовні матеріалу. Найбільші напруження скупляються в середині пробки на розрив, здовш оси симетрії. Перші щілини повстають якраз в ціх місцях скуплення напружень, а присутні тут наслідком природньої ліквациі неметалічні скуплення (жужлі) улекшують повставання рис.

2) Спромога напружених та здеформованих поодиноких зерен (кристалів) до рекристалізації, т. з. до розростання. В часі рекристалізації поодинокі зерна, напружені й здеформовані в від-

1) „Про причини повставання щілин на тілі парового казана“. Наук.-Техн. Вістник № 9, стор. 305—314.

2) Stahl und Eisen, 1921, 1093.

3) а) „О хобах, що заходять в часі обрібки м'якого заліза, їх причинах та способах уліпшення.“ F. Körber. Stahl und Eisen, 1927, 1159—1166. б) „Досліди над рекристалізацією сталевих блях для трансформаторів“. P. Oberhoffer i W. Oertel. Stahl und Eisen, 1928, 393—403.

Biblioteka Narodowa
Warszawa



30001020711847



II 1412.463
1954 492/11

повідній мірі в певнім температурнім оточенні набирають спроможности до розростання, т. з. поглинають сусідні зерна не приноровлені, або менше приноровлені до розростання, або — інакшими словами — накидають власну кристалографічну орієнтацію на сусідні зерна. Таким способом кристалічний многокристальний агрегат стремить до перетворення в кількокристальний агрегат або в ідеальному випадку — до однокристала. На іншому місці ми застановлювалися подрібно над природою та причинами процесу рекристалізації та подали зміст робочих теорій цієї цікавої біологічної прояви в здеформованих металах.¹⁾ Понизше маємо лише подати два приміри з фабричної практики, які за точку виходу мають прояви рекристалізації, спричиненої попередньою механічною обробкою, в наслідок якої поодинокі кристали були нерівномірно та неоднаково напружені (здеформовані).

	Матеріал I.	Матеріал II.
Хемічний склад:		
вугля	0,102	0,065
фосфору	0,028	0,03
мангану	0,72	0,45
крему	0,31	сліди
сірки	0,068	0,035
міді	0,17	0,24
Міцність kg/mm^2	38,5	36,0 29,6
Видовження в %	23,5	16,5 5,5
Границя плинности kg/mm^2	21,4	25,0 23,3
Звуження в %	41,3	57,4
Твердість в скалі Brinell'a kg/mm^2	106,5	103,5
Одпорність на удари в т-рі	$\left\{ \begin{array}{l} -15^\circ \quad 1,0 \\ 0 \quad 1,4 \\ +15 \quad 6,3 \\ +50 \quad 9,8 \\ +100^\circ \quad 10,2 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 1,3 \\ 1,6 \\ 7,6 \\ 10,4 \\ 10,8 \end{array} \right.$

Хемічний склад обох матеріалів є майже нормальний. Правда, в матеріалі I. є троха забагато сірки, однак сірка до певної міри урівноважена манганом; в матеріалі II. є троха забагато міді, тому що пересічно прийняті норми не рекомендують переступати складу $\geq 0,20\%$. Однак більш менш точного предбачення про механічні властивости або про поведіння цих матеріалів в часі

¹⁾ „Як металевий реагує на зміни температури, в котрій доводиться йому працювати“. Технічні Вісти, Львів, 1927, стор. 11—17; 37—39 і 74—80.

ходу від матеріялу стінок рури до матеріялу додаткового, т. з. в м'ягкім матеріялі занечищенім окисами в надмірній дрібній будові знаходилося декілька великих ферритових зерен, див. мікрофот. № 6 поб. 50. Одно з тих зерен представляє мікрофот. № 7, поб. 200. Є це цілком відвуглене (ферритове) зерно, виповнене дрібненькими краплинами неметалічних включень (найпевніше — окисів заліза, а може частинно й сірчаків MnS мангану). Вугіль у виді брунатних включень (на фотографії — темнавих) знаходиться зовні того великого ферритового зерна на границях дрібних зерен ферриту. Значить, що: або присутність внутрі ферритового зародку неметалічних включень зробила його нечулим ані до механічної обробітки, ані до слідуєчих впливів температури оточення, або, що в температурних умовах відбуваючої рекристалізації мала місце зміцнена дифузія: кисня — внутр відповідного ферритового зерна, яке наслідком страти вугля (дедифузії) дістало велику спроможність до розростання, т. з. накидало власну „орієнтацію“ сусіднім зернам ферриту.

В літературі часто можна зустрінути вказівки на те, що в часі рекристалізації слідує скріпленний атомовий рух. Впрочім, є це річ цілком зрозуміла, а проф. Carpenter і Elam ще в 1920 році виказали, що між зростом зерен та інтензивністю дифузії є певна залежність. Ми вказували на аналогічні прояви ще в році 1911 році¹⁾, а низше маємо новий яркий доказ. На мікрофот. № 8, поб. 100 представлена верстова будова одної котлової бляхи, де в середині знаходиться широка полоса багата в фосфор й в кисень (в сірку — рівнож), яка складається з небагатьох зглядновеликих ферритових зерен, а решта верств, що уложені чергою, то багаті в вугіль, то чисто-ферритові, є вже уложені зі сорозмірно дрібніших зерен.

Andrew і Higgins²⁾ досліджуючи залежність розміру зерен до явищ дифузії приходять до висновку, що процес додатньої дифузії до певної температури буде задержувати розростання зерен, а в низьких температурах — заходить навіть розпад зерен на менші. Очевидно, що це правило не є загальне. Нам видається, що тамті зерна ферриту, які наслідком своєї більшої чистоти могли прийняти тимчасово в розтвір (як наслідок додатньої дифузії) вугіль — будуть конець кінцем розбиті на кілька менших; навпаки — тамті зерна, які наслідком може збільшеної

1) Журнал Рус. Мат. Общ., 1911 р., № 3, Петербург.

2) Journ. Inst. of Metals, 1922, II, 175.

скількості чи то кисня, чи то фосфору викидають зі себе вугіль (т. з. заходить зворотна дифузія), посідають спроможність прискішеного розростання. Зрештою, всі ці процеси напевне улекшуються ще й тими фактами, що вугіль і кисень посідають обпжену розпушальність в „ α “-залізі в звичайних і близьких до звичайних температурах та що починаючи від т-ри около 400° С й вище степенъ розпушальности вугля й кисня в „ α “-залізі в міру підвищення температури щораз збільшується, а тим самим улекшуються атомові рухи та спроможність тих первнів до дифузії.

Тоді залежність між дифузією а ростом зерен буде представлятися слідуючим способом. В температурах повище 400° повстає тенденція до сегрегації двох окремих твердих розтворів: 1) твердого розтвору кисня (фосфору) в „ α “-залізі, з якого вугіль випихається на зовні та 2) твердого розтвору вугля в „ α “-залізі, який містить в собі найменші (а може й зерові) завагости кисня (фосфору). Звідти повстає верстова будова, яка стає більш виразна по вальцованню. Стремління до такої сегрегації двох твердих розтворів „ α “-заліза з відмінним хемічним складом зростає в міру підвищення температури окруження, а степенъ сегрегації є тим більший, чим довший час відповідний матеріал перебуває в цих температурах. За сим, в період охолодження, о скільки воно було відповідно повільне, ці надмірно розпушені домішки (вугіль, кисень) наслідком зменьшеної розпушальности виділяються: кисень — в виді дрібненьких краплинок FeO, а вугіль — в формі округлих зеренок (глобуль) Fe₃C. Включення FeO розміщуються переважно в середині поодиноких кристалів ферриту, а вугіль — на границях кристалів. Наколи округлі кристалки FeO розміщуються в ферритових зернах асиметрично, а само зерно не тратить спроможности розростання, то глобульки Fe₃C розміщуються або безпосередно на границях зерен, або на площах спійности, т. з. на площах легких совгань, а звідти механічним способом повстає поділ матірнього зерна на два або зглядно більше меньших.

Мікрофот. № 9 представляє будову матеріалу II, поб. 100, а мікрофот. № 10 — будову невідвугленої части матеріалу I, поб. 300 подають докази для повищої гіпотези. Уважливий читач найде на них низку започаткованих утворів глобулярного цементиту (Fe₃C), які дали початок поділу рекристалізованих зерен ферриту на два, а часом й більше нових меньших зерен.

Не є виключене, що для твердого розтвору кисня в „ α “-залізі, подібно як і для твердого розтвору фосфору, арсену або

служби в фабричних обставинах на основі лиш хемічного складу зробити не можна.

Механічні властивості означені на пробі на розрив вказали сорозмірно мале видовження та мале звуження різі. Найвиразніші вказівки на те, що матеріал не є бездоганий, дістаємо з динамічних випробувань, а властиво з випробувань відпорности матеріалу на удари в температурах низших і висших від звичайних, так як то нами опрацьовано і запроповано три роки тому.¹⁾ Для досліджуваних матеріалів обсяг найбільшої крихкості лежить в температурах від близько $+15^{\circ}$ і в т-ах низших. Значить, що вже малі зміни в температурах звичайних і низших перепроводжують матеріал з обсягу великої в'язкості до обсягу найбільшої крихкості. Цілий комплекс подібних випробувань (т. з. означення хемічного складу, механічних властивостей в пробі на розтягування і дослідження над зміною крихкості в температурах від -15 до що найменше $+100^{\circ}$) разом з метальографічною аналізою дає в руки дослідника всі потрібні чинники до оцінки досліджуваного матеріалу. Саме метальографічні випробування показали, що оба матеріали мають рекристалізовану структуру, звідки й походить надзвичайна їх крихкість в температурах звичайних і низших та недостача видовження.

Однак повернемо до деталей.

Матеріал І є се кавалок водної рури з парового кітла проміром 102,5/94 mm, на якій в часі роботи повсталала випуклина з щілиною. Стінки випуклини в місці около щілини не були грубші як 0,9—1,1 mm, а се значить, що страта в грубості стінок рури були в місці повстання щілини около 78%.

Макрофот № 1 представляє Baumann'ову відбитку „на сірку“ перекрою рури через щілину, а мікрофотографія № 2 в побільшенню 50 представляє будову поперечного шліфу найблизших околиць щілини.

Випуклина повсталала в нормальний спосіб; паровий котел працював твердою водою, з якої на внутрішних стінках воднорурок осіли грубі верстви каміння, що й спричинило на початку льокальне перегіття, потім повстанне випуклини, а нарешті — по надмірнім зменьшенню перекрою — щілини. Матеріал був в'язкий і добре деформувався (розтягувався). Однак в той же час,

¹⁾ Поліпшення м'якого заліза способом термічної обробки“ (Наук.-Техн. Вістник, 1927, № 5—6.

як матеріял дістав сталі деформації, температура окруження сприяла перебігови прискішеної рекристалізації, в часі якої зерна вирости до таких розмірів, що на цілий перекрій завгрубшки 0,8—0,9 mm припадало ледво 6—8 зерен, а се значить, що поперечний промір поодиноких зерен виносив лише 0,10—0,15 mm. Річ зрозуміла, що такі грубі зерна під впливом деформуючих обтяжень, т. з. зовнішнього тиснення представляли занадто слабкий опір проявам совганья, які легко відбувалися як в поодиноких зернах (кристалах) так і легко переходили від одного зерна в друге — аж до повстання щілини. Що такі легкі совганья мали місце всюди в околицях щілини, т. з. в найтонших місцях — в місцях найбільш посуненої рекристалізації — легко можна перекопати з макрофотографії № 3, яка представляє виходи легких совганья на внутрішній поверхні тоїж рурки, а щілина зазначена стрілкою. Є це один з дуже цікавих оказів виходу ліній плинності на поверхню.

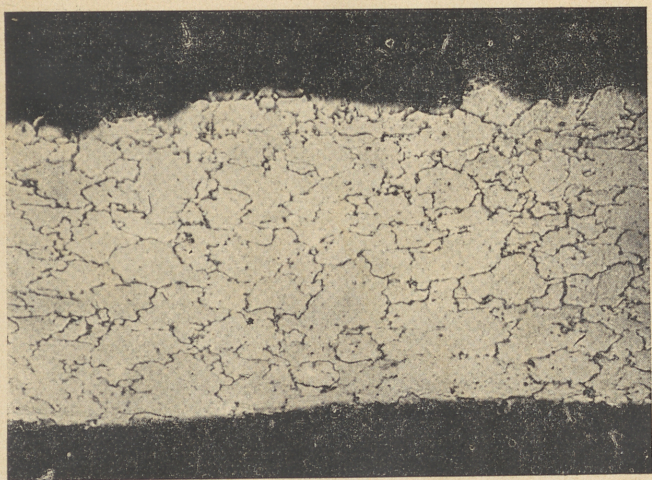
Місце це є відвуглено, а поодинокі кристали виповнені дрібними краплинами, як можна догадуватись, FeO а почасти MnS. Очевидно, побіч з процесом рекристалізації мало місце на початку відвугляння, а за цим — окиснення, а може, під впливом дифундуючого внутр кисня — оба процеси заходили разом. Мікрофотографія № 4 побільшення 100 представляє характер міжкристалічного окиснення матеріялу з поверхні від середини (від сторони повсталого каміння), а мікрофот. № 5, поб. 100 — перехід від рекристалізованої зони до нерекристалізованої.

С. А. Edwards і L. В. Pfeil ще в році 1923¹⁾ спостерігли, що відвугляння все получується з наглим розростом зерен; зрештою ще й Anstін згадує про такі факти. Очевидно враз зі зменшенням в сталі скількості вугля зростає чутість того матеріялу до рекристалізації. Інакше кажучи, чим в більшій степені буде сталь відвуглена, тим в більшій мірі став вона податна на прояви рекристалізації, а як наслідок тих двох майже одночасно пробігаючих процесів — став матеріял менш відпорний на обтяжуючі напруження, то значить легше піддається деформаціям. Наші спостереження потвердили, що в усіх тих випадках, де в м'якім матеріялі має місце відвугляння — одночасно заходить розростання зерен. Доказом для повищого може бути такий факт: В цілях збільшення грубости стінок випуклини та остання була виповнена електричним способом м'яким залізом. В місці пере-

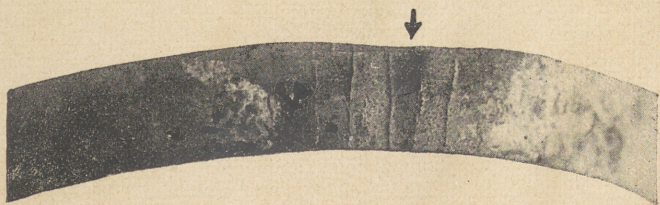
¹⁾ Journal Iron and Steel Inst. 1923, 263.



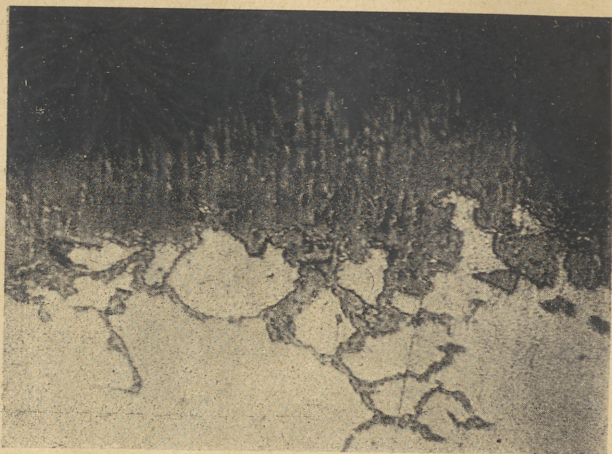
Ч. 1.



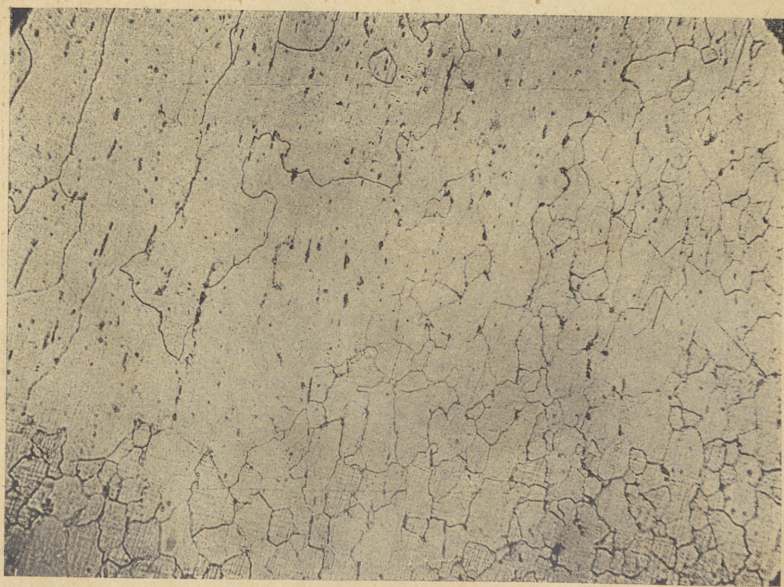
Ч. 2.



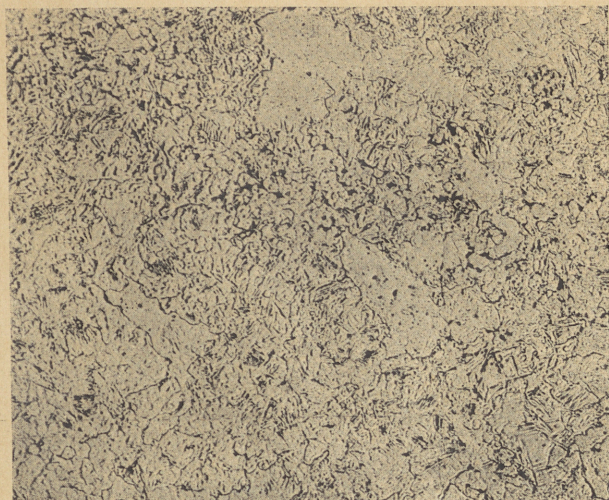
Ч. 3.



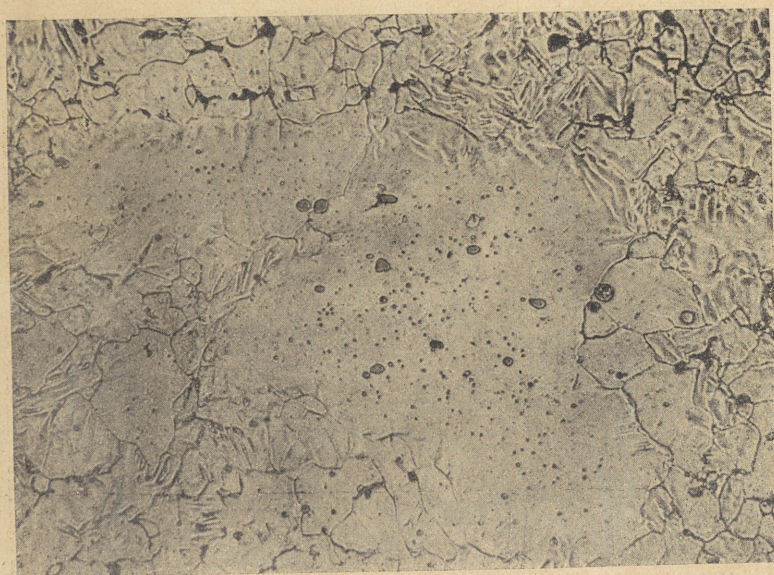
Ч. 4.



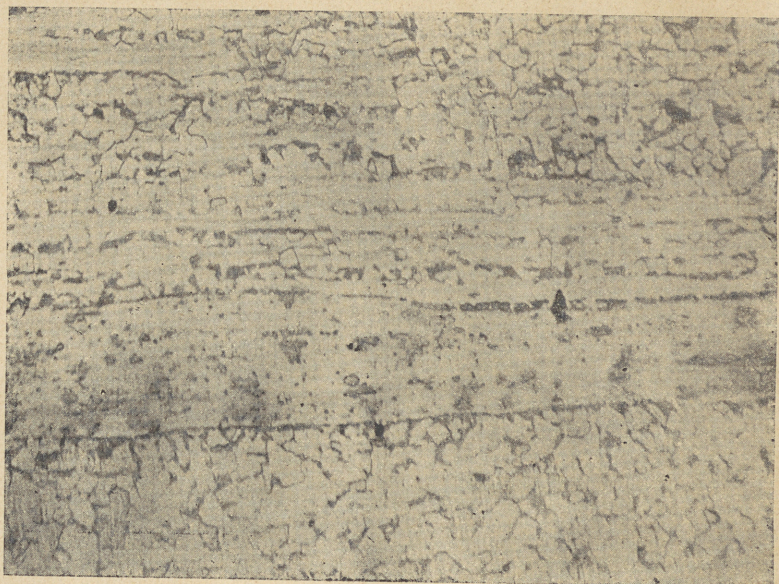
Ч. 5.



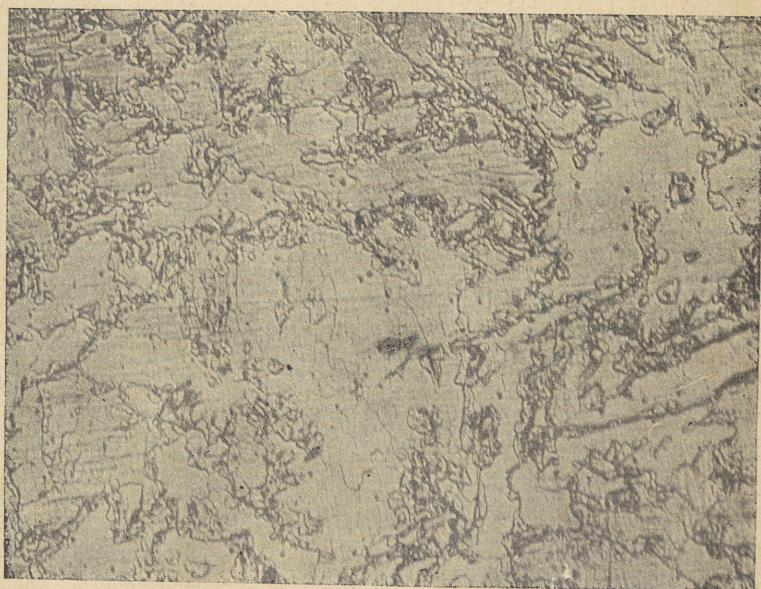
Ч. 6.



Ч. 7.



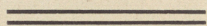
Ч. 8.



Ч. 9.

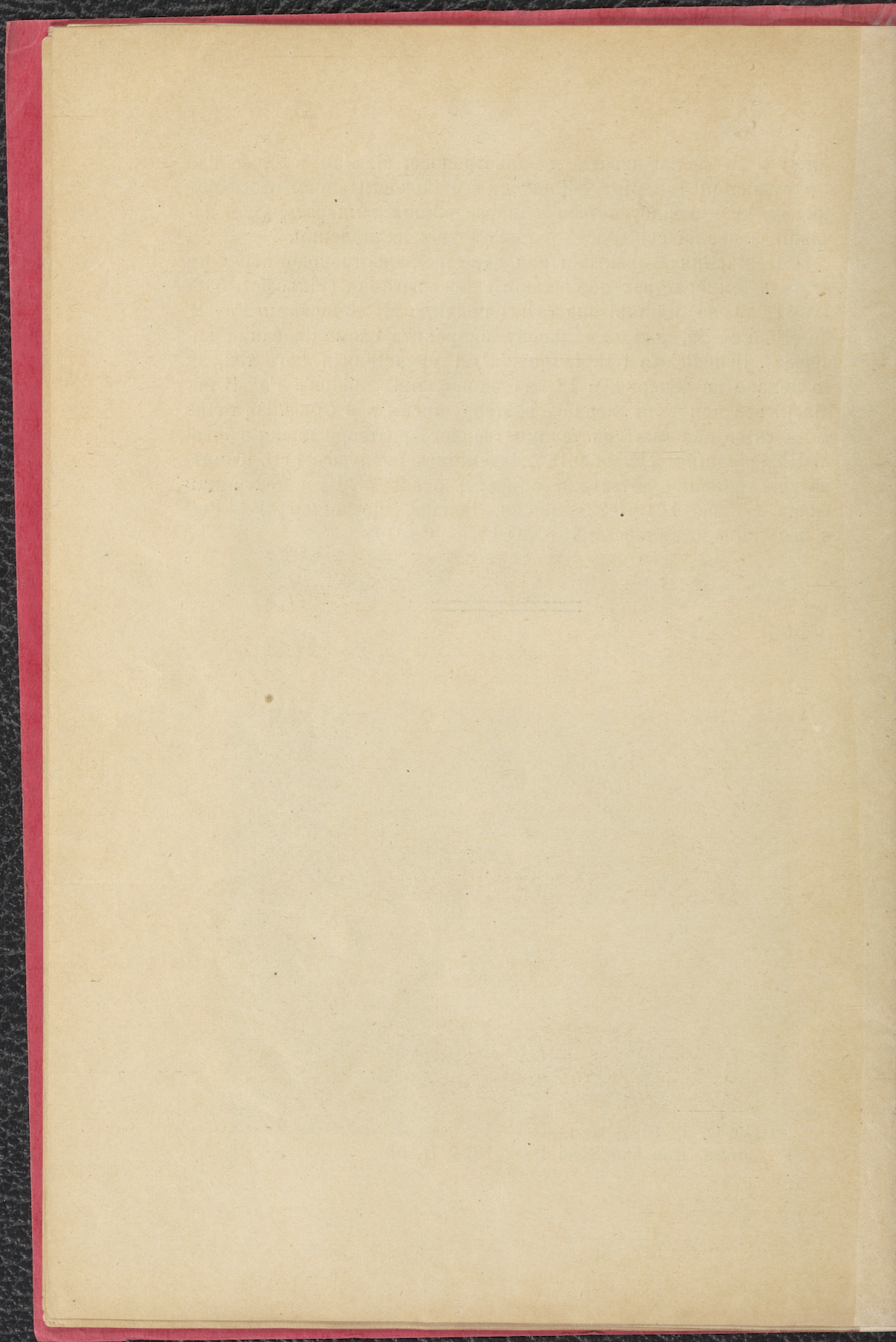
крему в „ α “-залізі перехід до альотропової відміни в „ γ “-залізо є утруднений і в міру збільшення кількості кисня (фосфору, арсену, крему) відбувається в щораз вищих температурах, а почавши з певної кількості є цілком унеможливлений.

Помічання з практики над перебігом альотропової переміни $\gamma \rightleftharpoons \alpha$ в температурах нормального вижарювання (мікрофот. 5, 6, 7 і 11) та на підставі аналогії з подвійними вичерками Fe—P, Fe—Si, Fe—Sn, дає нам основу виправити скомплікований вичерк С. Benedicks'a і Н. Löfquist'a¹⁾ і представити його так, як то подано на вечерку № 12, де здовж лінії Solidus'a Fe—В виділюються кристали твердого розтвору кисня в δ (α)-залізі, точка E = евтектика між кристалами твердого розтвору кисня в α -залізі о граничнім складі 0,13% і хемічною сполукою FeO. Температура топлення евтектики вносить около 1370°; евтектичний склад — коло 0,21—0,22% кисня. Інакше, що вичерк Fe—FeO є подібний до вичерків Ni—NiO і Cu—Cu₂O.²⁾



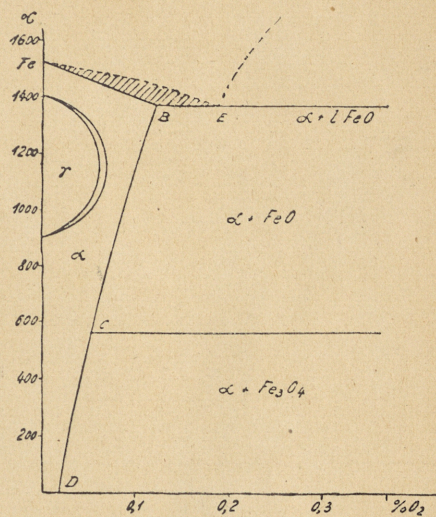
¹⁾ V. D. J., 1927, № 45.

²⁾ Journ. Iron and Steel Inst., 1924, II, 90.

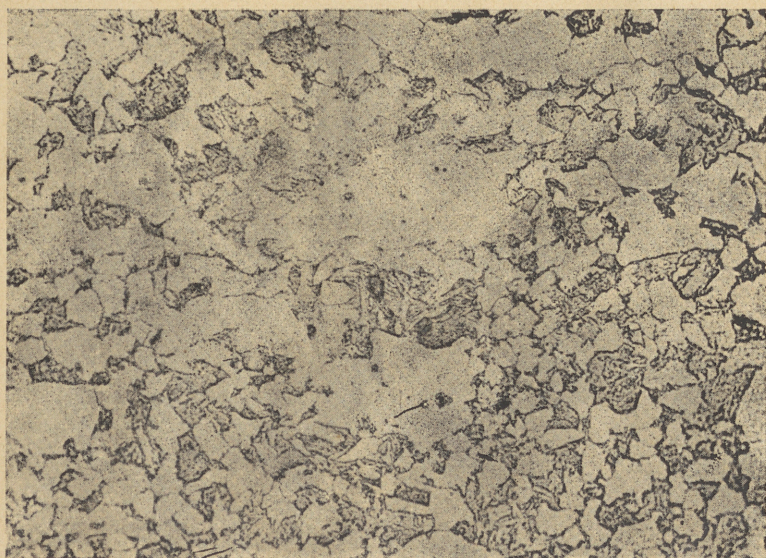




Ч. 10.



Ч. 12.



Ч. 11.