

VARIAȚIUNI DE LUNGIME ANORMALE LA FER ȘI LA OȚEL RESULTATE DIN ÎNCĂLDIRE ȘI RĂCIRE

DE

G. E. SVEDELIUS

Cercetările de mai jos aveau de scop de a determina variațiunile anormale ce se ivesc de o dată, la oare-care grade de căldură, în proprietățile fizice ale ferului și oțelului atât în timpul când se încălzește până la roșu, precum și în timpul răcirii încete ce urmeața. De oare-ce variațiunile fizice în cestiune stau în strânsă legătură cu schimbarea texturei ferului și a oțelului precum și cu starea cărbunelui conținut s'a dat aci mai întîiu, ținînd seamă de lucrarea valoroasă a lui I. A. Brinell: *Ueber die Texturveränderung des Stahls bei seiner Erhitzung und Abkühlung* (*Fernkont. annual 1885 pag. 9*), o scurtă explicațiune a acestui fenomen.

L. Rinman arată în anul 1865 ca, cărbunele din oțelul călit diferă din punctul de vedere chimic de cărbunele din oțelul răscopt. El găsi că, cărbunele din oțelul călit se disolvă aproape tot în acid clorhidic, pe cîtă vreme dacă se supune oțel răscopt la acelaș tratament rămîne o cantitate însemnată de cărbune nedisolvat. Prin urmare cărbunele se prezintă în oțelul călit și în cel răscopt sub diferite forme allotropice, sau aliat ori unit cu ferul într'un mod diferit. În urma acestui rezultat introduse numirea de «cărbune de călire» (*Härtungskohle*) pentru cărbunele din oțel călit și «cărbune de cimentare» (*Cementkohle*) pentru cărbunele de oțelul recălit; în locul ultimei numiri se întrebuințează și adese ori și numirea de «Carbid» propuși de Ledebur (*Carbidkohle*).

Din cercetările lui Brinell rezultă că cărbunele de călire nu se găsește numai în oțelul călit, ci că cărbunele se prezintă în tot-d'a-una ca *cărbune de călire*, îndată ce oțelul a fost încălzit la o temperatură nemerită. Schimbarea stărei cărbunelui nu rezultă imediat, ci e mai mult legată de anumite temperaturi. Ast-fel cărbunele de *cimentare* se prefacă în *cărbune de călire*, îndată ce oțelul e încălzit la o slabă *căldură galbenă*. Grad de căldură pentru care Brinell introduse

notațiunea «W», pe când trecerea de la *cărbune de călire* în *cărbune de cimentare* are loc o răcire la o temperatură «V» între *roșu aprins și roșu aprins slab*. Brinell găsi că schimbarea stărei cărbunelui, în timpul răcirii era însoțită de desvoltare de căldură și deduse de aci că, la prefacerea cărbunelui în timpul încălzirii se consumă căldură, de și nu putu să observe direct această consumațiune.

W. F. Barrett a arătat cel d'întîi că, în timpul răcirilor a unei bucați de oțel încins, are loc o desvoltare de căldură subită, pe care o numi el «*Becalescens*». Acest fenomen se poate lesne observa de ori și cine. N'avem de cît să încăldim o bucată de sîrmă până la *roșu viu* *deschis* și apoi s'o observăm în timpul răcirii sale până ce devine roșu închis, și vom vedea că firul de oțel devine iarăși roșu la temperatura de *roșu închis* și apoi după puține secunde iar se închide la față.

Brinell găsi apoi că o răcire repede fixează textura pe care o poseda oțelul înainte de răcire, și bazat pe aceasta putu să ridice raportul ce există între schimbarea texturei, schimbarea stărei cărbunelui și schimbarea la care rezultă călire. Prin examinări de diferite probe de oțel cari după ce au fost încălzite s'au călite la diferite temperaturi, s'a găsit că oțelul necălit și perde, în timpul încălzirii textura sa *greunțoasă cristalină* la aceiași temperatură W la care *cărbunele de cimentare* trece în *cărbune de călire*, și că la răcire se produce subit cristalizațiune, după ce tot cărbunele de călire, sau cel puțin în cea mai mare parte s'a prefăcut la temperatura V, în *cărbune de cimentare*. Schimbarea texturei oțelului și a stărei cărbunelui sau se face prin urmare mai în același timp.

Prin cercetările mai minuțioase ale lui Osmond asupra mersului thermic al încălzirii și răcirii ferului s'a determinat mai exact temperaturii W și V. Relațiuni despre aceste s'au dat în *Fernkont annual, 1890 pag. 193*.

Osmond observă, la încălzirea dieritor probe de oțel, o întrerupere în iuțea încălzirii pe la vr'o 700° și o întrerupere corespunzătoare în iuțea recirei la vr'o 600°. La primul din aceste «punte critice» se absoarbe la ultimul se degazează căldură. Punctul critic de la venire 'l consideră *Osmond* ca identic cu punctul *recalescent* al lui *Benett* și cu punctul lui *Brinell*, represintat cu V, la care se produce schimbarea stărei cărbunelui. Și punctele critice observate de *Brinell* și *Osmond* la încălzirea oțelului ar trebui identificate, deși temperatura—*puțin galben*—la care e aședat punctul W, e mult mai ridicată de cit aceea a punctului găsit de *Osmond*.

Osmond 'și-a împins cercetările și la ferul brut, la ferul *elektrolytic* și la ferul moale cu diferite părți de cărbune. La recirea ferului moale și a ferului *electrolytic* observă el două până la trei întreruperi separate în iuțea de recire, temperatura cea mai joasă de la aceste întreruperi fu la 660°. *Osmond* atribue desvoltarea de căldură ce se produce la aceste puncte critice aceleiași cauze pe care se bazează și recăpătarea, la aceeași temperatură a culorii roșu aprins a oțelului, când cărbunele se prefacă din cărbune de călire în cărbunc de cimentare. Variațiunile de temperatură anormale ce se ivesc la grade de căldură mai înalte stau în legături, după părerea lui *Osmond* cu schimbările moleculare din fer. El admite că ferul e o materic polymorfă care să presinte sub două forme allotropice, din care una α -fer, e moale în cea-laltă β -fer, e tare și casant. La încălzire se prefacă α -fer în β -fer, iar la răcire înceată β -fer în α -fer. Aceste treceri de la o modifațiune la alta sunt egal legate de schimbările stărei cărbunelui la anumite temperaturi; la oțel se presintă în același timp cu schimbările stărei cărbunelui, iar la fer moale și fer *electrolytic* se ivesc la o temperatură mai înaltă.

Osmond admite, că la călirea oțelului, care se explică de obicei prin aceea că răcirea repede împedică prefacerea totală sau în parte a cărbunelui din cărbune de călire în cărbune de cimentare, ferul rămâne β -fer. Influența cărbunelui are același caracter ca și iuțea răcirii: tinde a împedica prefacerea β -ferului în α -fer.

Theoria lui *Osmond* asupra diferitelor modifațiuni allotropice ale ferului nu a fost admisă peste

tot. Mai mulți autori esită a explica prin aceea existența punctelor critice, cari caracterizează ferul moale și care nu se găsesc la oțel. că pun oțelul în legături cu schimbările de textură în fer cu formațiunea de combinații chimice între cărbune și fer, *Carbide* de o compozițiune variabilă și a. m. d. Așa că nu s'a reușit încă a se dobîndi o claritate și o unitate complectă în această cestiune.

Cercetările lui *Osmond* asupra variațiunilor de temperatură anormale ale ferului și oțelului fură completate de *F. O. Arnold* și *G. Charpy* și stabiliră într'un mod demonstrativ, rezultatele experimentale la care ajunsese primul, deși *Arnold* nu se putea uni cu explicațiunea lui *Osmond*.

Asupra variațiunilor de lungime anormale la fer și la oțel, nu avem nici o cunoștință complectă, probabil din cauza dificultăților ce sunt în legătură cu determinarea lungimilor la temperaturi înalte în toate acestea merită toată atențiunea noastră din cauza strînsului raport în care stau cu schimbările de textură la oțel și fer.

G. Gare a arătat cel d'ântăiū că sârma de oțel încălđită la roșu alb în răcire până la roșu închis suferă o lungime anormală, de altmintrelea însă continuă a se contracta. *W. F. Barrett* observă afară de aceasta, în timpul încălzirii o contracțiune subită, care părea a se produce la aceeași temperatură la care se producea și lungirea ne-regulată în timpul răcirii; el văzu că în timpul răcirii și *recalescența* menționată mai sus, se iveră în același timp. Lungimea anormală în timpul răcirii a fost studiată mai de aproape de *Norris Heim* și *Coffin*; în fine *F. J. Smith* a arătat că variațiunile de lungime și de temperatură la oțel se presintă, în același timp, în timpul răcirii. *Le Chatelier* determină contracțiunea anormală în timpul încălzirii pentru oțel la 700°, pentru fer pur la 830°.

Mai jos se arată în ce raport stau variațiunile de lungime anormale a ferului și oțelului cu cantitatea de cărbune ce conține cu diferitele stări de încălzire și răcire, cu călirea și cu răcoacerea apoi se mai ridică variațiuni de lungime anormale ce se presintă la oțelul călit și în fine se comunică câte-va valori aproximative a diferitor coeficienți de lungire la fer și oțel la temperaturile 0° până 800°.

Obiectele de observațiune întrebuițate aci constau

parte, din sîrmă trasă în fire la rece din Bofors cu cantități de cărbune de 0,9 până la 0,1 la sută, același material de care s'a servit C. F. Bydberg, la cercetările sale asupra mersului călirei oțelului, iar parte din sîrmă întinsă la cald din Sandviken, cu cantitate de cărbune de 1,0 până la 0,1 la sută.

Toate determinările de lungime s'au făcut cu dilatometru pe deplin în acord cu dilatometru întrebuițat de domnișoara N. Lagerbay, construit de K. Angshöm.

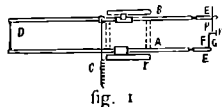


fig. 1

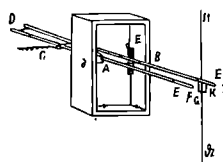


fig. 2

Fig. 1 și 2 reprezintă dilatometru; (în fig. 2) pentru a se putea vedea mai bine, s'au deplasat puțin diferitele părți ale dilatometrului. Două brațe lungă de câte-va centimetre, de argil refractar sunt purtate de o ramă solidă de lemn; brațul B e legat de o axă de oțel care se

poate învîrți liber în peretele opus al ramei într'un cerc de fer bine înșurupat. O spirală C atașată la brațul mobil aproape de axa sa ține extremitățile, ce se află de aceeași parte a axei, presate una de alta. Între aceste extremități, e introdusă baza D ascuțită de amîndouă părțile și lungă de vr'o 4 cm., ale căre variațiuni de lungime e de observat. Extremitățile opuse ale brațului poartă două ace F destul de groase, cari, cu ajutorul unor șurupuri mici de presiune, sunt menținute paralel la o distanță de câte-va milimetre. Vârfurile acelor opuse, fie-care în partea sa pe câte o placă de sticlă, C cu suprafețe paralele, care e purtată de o sîrmă verticală de ruolz H întinsă bine, înțepenită la ambele extremități, lungă de vr'o 0,5 m. La placa de sticlă e atașată o mică oglindă K, formînd cu dînsa un unghi drept.

Bara dintre brațele dilatometrului e încălțită de o lampă brevetată din Munich, care dă o lumină conică, foarte uniformă, de un diametru la basă de vr'o 4 cm.

Mișcarea oglindei dilatometrului determinată de variațiunile în lungime ale bazei, s'au observat printr'o oglindă sau pe o scară prin înregistrări fotografice; aparatul întrebuițat pentru ultimul mod era foarte primitiv. Camera consta simplu dintr'o cutie de țigări cu o deschidătură strîmtă, tăiată în

lungul uneia din laturi, pe care să poată intra lumina reflectată pe oglinda dilatatorului. Ca obiect lumnator se întrebuița o deschidătură circulară, luminată de o lampă Auer, făcută într'un paravan așezat la o depărtare de vre-o câți-va metri de cameră.

Raza luminoasă reflectată pe oglinda mobilă, e direct concentrată în fața oglindei de către o lentilă într'un punct tare luminos, care e primit în cutie pe o fâșie de vr'o 8^{cm} lățime de hîrtie sensibilă. Fâșia de hîrtie e înfășurată pe două cilindre de lemn, așezate vertical unul peste altul, unul din cilindre, trecînd printr'un perete lateral al cutiei, stă în legătură cu un mecanism de ceasornicărie și e pus în mișcare cu o iuțelă de vr'o două învîrtituri pe minut; cel-l-alt cilindru e învîrțit în același timp printr'o contra greutate, și menține în tot timpul. fâșia de hîrtie întinsă.

În urma acestei dispozițiuni, punctul luminos descrie pe hîrtie o curbă, ale cărei ordonate curente dau fie-care variațiune de lungime a barelor.

Într'un șir de cercetări se observă în același timp variațiunile de lungime și de temperatură a probei. Barele întrebuițate erau într'o parte ascuțite, iar în cea laltă pilită drept și 'prevădute de o tăetură adîncă de 6 până la 8^{mm}, (fig. 3);



acel capăt se rezema de brațul solid al dilatometrului. Determinările de temperatură se făceau cu un termometru, compus din două sîrme subțiri turtite la extremități și sudate împreună, una din platină curată, cea laltă din platină aliată cu 10 % rhodium. Extremitățile libere ale sîrmei sunt legate prin șurupuri de presiune cu firele conductoare ale unui galvanometru. Locul de contact sudat împreună, se lungește îndoit și intră, printr'o deschidătură tăiată în brațul solid al dilatometrului în bară, cât permite tăetura, numai locul de contact singur vine în atingere directă cu baza, restul sîrmei e izolat printr'o foaie subțire de mica.

Pentru a se putea observa de o dată atât dilatometru cât și galvanometru, se așează amîndouă ast-fel ca oglinzile lor să se afle una d'a supra celei lalte. Pentru înregistrările fotografice se întrebuițază aceeași deschidătură luminată. Ambele imagini luminoase obținute din reflectarea pe oglinda dilatometrului și a galvanometrului sunt primite pe una și aceeași hîrtie sensibilă. În acest mod

se obțin curbele de lungimi și de temperaturi imediat una d'asupra alteia.

La citirea cu ajutorul *oglindei* sau al scărei, variațiunile de lungime ale barei sunt de vr'o 500 ori mărite; prin urmare se vedea, că era de ajuns să se multiplice rezultatul dilatometrului cu $\frac{1}{500}$ pentru a stabili în mărimea absolută variațiunile de lungime ale barei prin încălzire.

Părțile interne ale brațului dilatometrului se încăldeau tare de plecare și se încovăiau puțin în afară și din cauza aceasta indicațiunile dilatometrului nu mai erau exacte. Erorile însă puteau fi calculate și prin urmare să se introducă corecțiunea necesară. Curbele lungimilor luate fotograficește au rămas ne corectate și prin urmare nu dau o mărime absolută, cu toate acestea dau o idee destul de bună asupra dilatărei și contracțării barelor în genere.

Determinările de temperatură pot fi considerate ca exacte până la vr'o 600° cu o aproximație la vr'o câte-va grade numai, însă la temperaturi mai înalte sunt cu vr'o 10 sau 15° nesigure.

Toate curbele sunt copii fidele a curbelor lungimilor luate în mod fotografic la diferitele bare de fer și de oțel.

Barele, afară de casurile ce se vor indica, au fost încălțite până la roșu deschis, și după aceea s'au lăsat să se răcească încet.

Curbele date sub aceeași figură au fost primite pe aceeași hârtie sensibilă, care trecu de mai multe ori pe dinaintea deschidăturei camerei. Strict vorbim aceste curbe sunt de comparat între ele, parte pentru că au fost primite direct unele sub altele, și prin urmare intensitatea inflacărei varia puțin, și parte pentru că alternațiunea hârtiei prin uscare după formare și fixarea fotografiei se face în același mod.

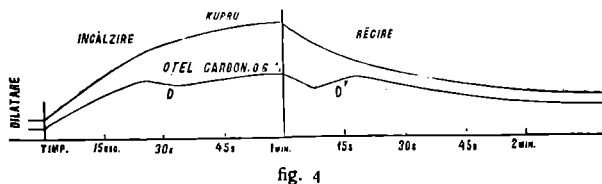


fig. 4

Sensibilitatea dilatometrului fu cam diferită la două moduri deosebite de observațiuni, un șir de observațiuni coprinde fig. 1 până la 6 și 10 până la 14, cel l'alt șir însă curbele de lungimi date în fig. 7 până la 9 și 15.

Din cele două curbe din fig. 4 cea de sus reprezintă variațiunile de lungimi ce suferă o bară de cupru, iar cea de jos, o bară de oțel de Bofors cu 0,6 la sută cărbune, la o încălzire de un minut și la răcirea ce urmează. Curba de lungiri a barei de cupru arată un mers regulat atât la încălzire cât și la răcire; pe când curba de lungimi a barei de oțel prezintă două întreruperi distincte: o contracțiune anomală la încălzire și o lungire anomală la răcire.

Puntele critice în cari se nasc variațiunile de lungime anormale, se reprezintă de o cam dată cu D și D'; În ceea ce urmează se va vedea până întru cât pot fi identificate cu unul din puntele critice despre care se va vorbi mai întâi. Mai întâi însă se vor studia mai de aproape fenomenele de lungime în cestiune și, în primul rând, se va căuta să se determine în ce mod sunt dependente de titlul cărbunelui, de călire, de *rescoacere* și în fine la gradul de temperatură la care s'au încălțit probele.

Influența titlului cărbunelui asupra puntelor critice D și D'

Din curbele de lungimi date la fig. 5 a bare-

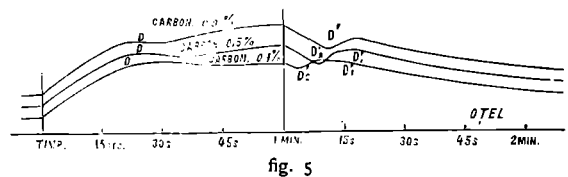


fig. 5

lor de oțel tare (Bofors, cărbune 0,9 la sută) de oțel moale (Bofors, cărbune 0,5 la sută) și din fer moale (Bofors, cărbune 0,1 la sută) rezultă :

1) Contracțiunea în D este cu mult mai mică de cât lungirea în D'.

2) Contracțiunea în D se ivește îndată după începerea încălzirii și prin urmare mai la aceeași temperatură la oțel ca și la ferul moale, durează însă mai mult cu cât titlul de cărbune e mai mic.

Lungimea în D' se ivește mai repede după răcire, prin urmă la o temperatură mai înaltă, și e de o durată mai lungă la fer moale de cât la oțel.

3. Construcțiunea în D și lungimea în D' sunt mai mari la oțel moale și mai mici la oțel tare și la fer tare.

Din observațiuni rezultă că variațiunile de lungime anormale cresc pe măsură ce crește titlul

cărbunelui de la 0,1 până la 0,6 la sută, că și ating cea mai mare valoare cu un titlu de 0,6 la sută și apoi pe măsură ce titlu de cărbune crește de la 0,6 până la 1,0 la sută.

4. Constrațiunea în D pare a consta, la ferul moale, din două momente D^1 și D^2 , din care primul apare la o temperatură mai joasă și e de o durată mai scurtă; aceasta se dovedește prin observațiunea cu oglinda la ferul cu titlul de cărbune de 0,3 până la 0,1 la sută.

Lungimea în D' pare a consta, la ferul cu titlul de cărbune mai mic reparat D_2 și D_1 ; la oțelul moale coincid în parte și provoacă în o încovăiere în afară caracteristică la acest fel de oțel. La oțel tare se contopesc cu totul.

Pozițiunea punctelor critice D și D' față unul de altul.

Cele trei curbe din fig. 6 reprezintă variațiunile

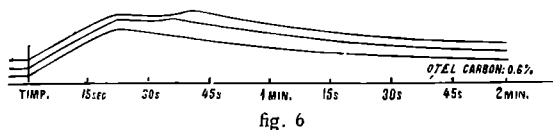


fig. 6

de lungime a uneia și aceași baze de sîrmă Bofors cu titlul de cărbune de 0,6 la sută, care a fost încălđite la diferite temperaturi, și după fiecare încălđire s'a lăsat să se răcească încet. Cea mai de jos din aceste curbe dă variațiunile de lungime ale bazei, imediat după recire, cea mijlocie la începutul și cea de sus către sfârșitul constrațiunei anormale din D.

Din aceste și alte observațiuni ce nu s'au expus aci, rezultă:

5) Că lungirea în D' nu se ivește în timpul recirei până ce constrațiunea din D nu s'a sêvârșit în parte sau de tot în timpul încălđirei. Lungirea în D_1 e mai mică, dacă baza se încălđește numai până la gradul ce corespunde constrațiunei din D, de cât dacă s'ar fi încălđit un grad mai înalt.

Influența incandescenței asupra punctelor critice D și D'

Curbele de mai jos de la fig. 7 și 8 reprezintă variațiunile de lungimi la baze de sîrmă Bofors cu 0,1 și 0,6 la sută cărbune, ce au fost supuse în timp de 6 ore într'un furnal cu mufla la tempe-

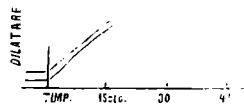


fig. 7

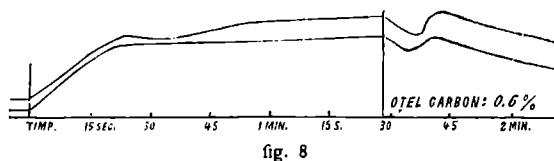


fig. 8

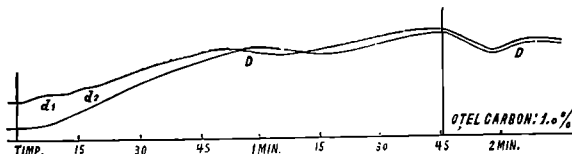


fig. 9

raturi mai înalte de cât punctul de fusiune al auriului și cari apoi s'au lăsat să se răcească încet. Curbele superioare din aceleași figuri sunt luate după baze cu același titlu de cărbune, cari nu fusese supuse la o căldură așa de îndelung.

Din aceste curbe rezultă :

6) Că constrațiunea în D și lungirea în D' sunt mult mai mici dacă încălđirea durează mult la o temperatură înaltă și apoi urmează o recire încetă. Constrațiunea în D se întinde și după încălđirea lungă și nu se sfârșește, la fer cu 0,1 la sută cărbune, înainte de recire.

Din observațiuni cu oglindă și scară rezultă că, constrațiunea în D și lungirea în D_1 descresc la fie-care încălđire nouă.

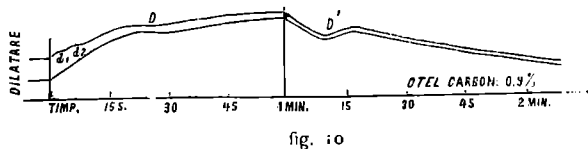


fig. 10

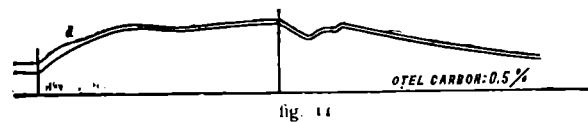


fig. 11

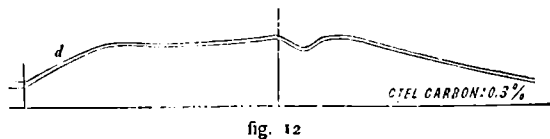


fig. 12

La o bară de sîrmă Bofors cu 0,6 la sută cărbune se observă că mărimea lungirii în D,

după ce bara fusese încălđită la 40 de ori, la fiecare dată numai câte-va minute, și între fiecare încălđire fusese lăsată să se recească încet, nu era de cât $\frac{2}{5}$ din lungirea după prima încălđire. La o bară de *fer galvanic* descreștea lungirea în D la fiecare încălđire și după a 50-a încălđire nu se mai putea observa nici urmă de lungire atât în D cât și în D'. Ferul devenise fragil, cassant, cu frântura strălucitoare și *greunțos cristalină* și poseda toate proprietățile ferului ars. Nici la alte feruri arse nu putu autorul să descopere puncte critice.

Variațiunile de lungire anormale la rescoacerea oțelului călit

Curbele superioare din fig. 9, 12, 13 și 14 reprezintă variațiuni de lungime a bazelor stinse în apă rece după o încălđire la roșu deschis; curbele inferioare din aceleași figuri reprezintă variațiunile de lungimi la aceleași bare, cari însă s'au recit încet după ce au fost mai întâi încălđite.

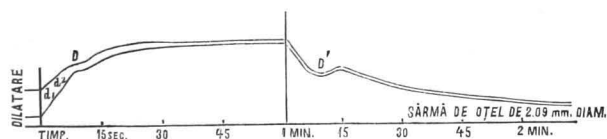


fig. 13



fig. 14

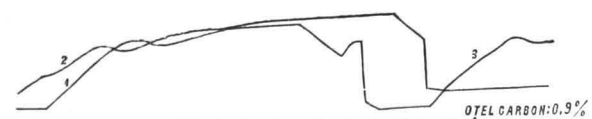


fig. 15

Din aceste *curbe și din altele ne reproduse aci rezultă :

7) că lungirea în punctul critic D nu se face tot așa de regulat la fer călit ca la fer necălit.

Curbele de lungire ale ferului călit arată încoavări neregulate ce se ivesc după încălđirea de vr'o câte-va secunde. La bare cu titlul de cărbune de 0,9 până la 0,7 la sută există două asemenea încoavări sau puncte critice de *rescoacere* d_1 și d_2 ,

la bare, cu titlul de cărbune mai mic, un singur punct critic d care apare distinct, când titlul cărbunelui e de 0,6 până la 0,4 la sută, și mai slab dacă nu lipsește de tot, când titlul cărbunelui e și mai mic. Ambele puncte critice d și d_2 par a corespunde.

8) Construcțiunea în D începe mai curând la baze călite de cât la baze *răscoapte*.

Posițiunea punctului critic D' la călirea oțelului

Fig. 15 arată raportul punctului critic D' cu călirea oțelului.

O bară de oțel răscopt de sîrmă Bofors cu 0,9 la sută cărbune, a fost încălđită în modul obicinuit și stropită cu apă rece, punându-se între brațele dilatometrului, o dată imediat înainte, altă dată către sfârșitul lungirii din D' și apoi a fost din nou încălđită. Fenomenele de lungire ce au rezultat sunt arătate de curbele 1, 2 și 3. Curba arată puntele de *rescoacere* caracteristice la oțelul călit, și cari lipsesc la curba 3; prin urmare bara de oțel a fost călită prima dată, însă la a doua recire nu.

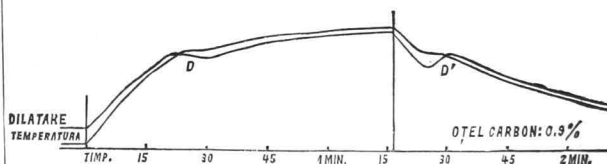


fig. 16

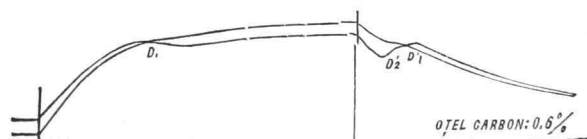


fig. 17

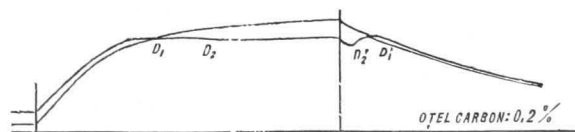


fig. 18

Din aceste și din multe alte figuri nereproduse aci rezultă :

9) că, dacă e vorba de oțel călit, trebuie ca încălđirea să corespundă la punctul D și să fie

repede recit la o temperatură mai înaltă de cât aceea la care se ivesce variațiunea de lungimea anormală în D'.

Raportul dintre variațiunile de lungime anormale la fer și oțel și variațiunile de temperaturi

Fig. 16 până la 18 dau câte-va curbe de lungimi și de temperaturi luate pe cale fotografică în același timp la sirma Bofors cu titluri diferite de cărbuni. Toate curbele temperaturilor arată, ca și curbele de lungime corespunțătoare, existența punctelor critice.

Aceste puncte de temperatură critică au fost studiate și rezultatele găsite sunt destul de însemnate pentru că determină raportul dintre variațiunile de lungime anormale la fer și oțel și variațiunile de temperatură. Aceste rezultate sunt foarte în acord cu acelea dobândite de Osmond și despre care s'a vorbit la început.

La încălzirea diferitelor probe s'a observat în tot d'auna la vr'o 750° o scădere de temperatură sau o *întrerupere în urcarea temperaturii*, și aceasta era cu atât mai pronunțată cu cât titlul de cărbune era mai mare. La oțel tare această scădere de temperatură putea să fie și de 5°.

La recirea probei ce a urmat după această încălzire s'a observat la vr'o 660° sau o *reîncingere* care, la oțel tare ridică temperatura până cu 20°, sau o întrerupere în recire, care la fer moale cu greu se putea remarca. La recirea oțelului moale s'a mai observat, afară de aceasta, încă altă întrerupere la 700°, iar la ferul moale la 800°.

Din compararea curbelor de lungime și temperatură represintate în fig. 16 până la 18 rezultă:

10) că variațiunile de lungime și temperatură, par a se ivi în același timp și prin urmare cam pe la aceeași temperatură. Această egalitate în variațiunile de lungime și temperatură nu se întinde și la intensitatea lor.

Variațiunile de lungime anormale sunt, după cele spuse mai sus, mai mari la oțelul moale și aproape tot așa de mari la oțelul tare ca la fer moale; variațiunile de temperatură anormale însă și au cea mai mare valoare de oțelul tare, însă această valoare descrește repede pe măsură ce scade și u de cărbune la probă *Brinel* a observat mai

întâi că oțelul călit s'a *rescopsit* mai repede de cât oțelul *rescopsit* și Osmond a găsit că la oțelul călit se degagează căldură la încălzirea s'a între 200 și 250°.

Autorul a găsit că această degageare de căldură crește când se încălzește de la 200 până la 250° după aceea însă descrește când se continuă încălzirea până la 500°.

Din aceste observări rezulta:

11. Că punctele de *răscoacere*, menționate mai sus, d, și d₂ nu corespund la două puncte termice separate; că din contra se degagează căldură în tot intervalul de temperaturi în care se află punctul critic în cestiune.

Valori aproximative a coeficienților de lungire la oțel și fer între 0° și 800° și mărimile variațiunilor de lungime anormale

În fig. 19 până la 22 sunt represintate grafic curbele de lungimi și de temperaturi la sirma din *Sandviken* cu diferite titluri de cărbune; acestea au fost obținute în modul următor: La încălzirea și recirea barelor; a citit cu oglinda sau pe scara gradată, la fie-care șapte secunde, alternativ diferența, o dată, numai la dilatometru, și cea laltă dată numai la galvanometru; rezultatele obținute a aceste observațiuni serveau parte pentru control, parte pentru completarea citirilor alternative la dilatometru și la galvanometru. Diferința de la dilatometru fu redusă, pentru corectarea erorilor de la dilatometru, unități de lungime și exprimată cu 0,00001 din acestea, diferența de la galvanometru fu prefăcută în grade celsius.

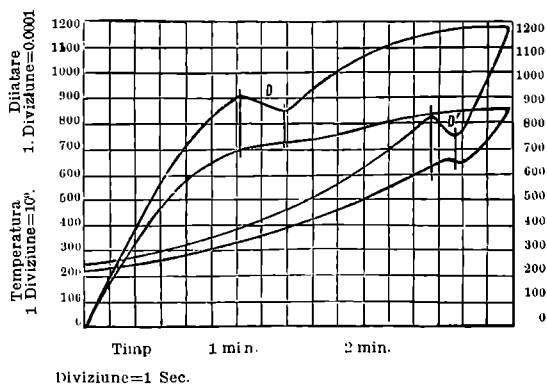


Fig. 19

Câte un șir de observațiuni ast-fel obținute, completate cu observațiuni directe asupra mărimii variațiunilor de lungime și temperatură anormale reprezentat grafic în fig. 19 până la 22.

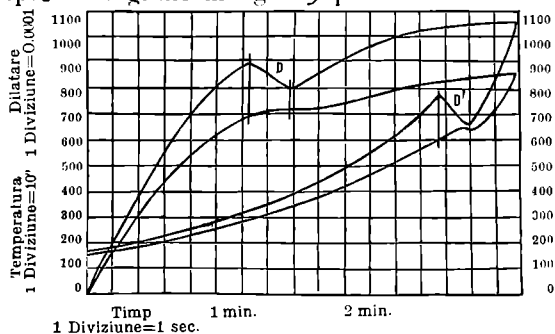


Fig. 20

Abscisele reprezintă durata încălzirii și recirei fie-care parte a scării e egală cu durata unei secunde, ordonatele curbilor interferare dau temperaturile, în care fie-care divisiune a scării corespunde la 10^0 , iar ordonatele curbilor superioare dau lungimi, pentru care fie-care divisiune a scării reprezintă $0,00001$ din unitatea de lungime.

Din curbele de lungime și de temperatură s'au calculat variațiunile de lungime a diferitelor probe pentru fie-care interval de temperatură de 100^0 ; valorile obținute s'au grupat în tabelele 1 până la 3.

Tabela 1. Sirmă din Sandviken cu 0,9 la sută C.

GRAD	Variațiuni de lungime la încălzire	Variațiuni de lungime de recire
0—100	0,0119	0,0110
100—200	0,00225—0,00110=0,00115	—
200—300	0,00340—0,00225=0,00115	—
300—400	0,00455—0,00340=0,00115	0,00180—0,00340=0,00160
400—500	0,00570—0,00455=0,00115	0,00510—0,00370=0,00140
500—600	0,00685—0,00570=0,00115	0,00765—0,00610=0,00155
600—700	0,00800—0,00685=0,00115	0,00905—0,00755=0,00150
700—800	0,00915—0,00800=0,00115	0,01100—0,00905=0,00195

Tabela 2. Sirmă de Sandviken cu 0,5 la sută C.

GRAD	Variațiuni de lungime de încălzire	Variațiuni de lungime de recire
0—100	0,00115	0,00115
100—200	0,00230—0,00115=0,00115	—
200—300	0,00345—0,00230=0,00115	0,00330—0,00210=0,00120
300—400	0,00460—0,00345=0,00115	0,00445—0,00330=0,00115
400—500	0,00575—0,00460=0,00115	0,00560—0,00445=0,00115
500—600	0,00690—0,00575=0,00115	0,00675—0,00560=0,00115
600—700	0,00805—0,00690=0,00115	0,00790—0,00675=0,00115
700—800	0,00920—0,00805=0,00115	0,00930—0,00805=0,00125

Tabela 3. Sirmă de Sandviken cu 0,3 la sută C.

GRAD	Variațiuni de lungime la încălzire	Variațiuni de lungime de recire
0—100	0,00115	0,00115
100—200	0,00230—0,00115=0,00115	—
200—300	0,00345—0,00230=0,00115	0,00345—0,00230=0,00115
300—400	0,00460—0,00345=0,00115	0,00470—0,00345=0,00125
400—500	0,00575—0,00460=0,00115	0,00585—0,00470=0,00115
500—600	0,00690—0,00575=0,00115	0,00700—0,00585=0,00115
600—700	0,00805—0,00690=0,00115	0,00815—0,00700=0,00115
700—800	0,00920—0,00805=0,00115	0,00930—0,00815=0,00115

Valorile variațiunilor de lungime ale probelor din cele trei tabele de mai sus, au fost grupate în următoarea tabelă:

Tabela 4. Sirmă de Sandviken

Titlul carbonic la suță	Lungire la încălzirea de la 0 până la 600^0	Lungire la încălzirea de la 600^0 până la 800^0	Contrațiunea la recire de la 800^0 până la 600^0	Coefficient de lungire la intervalul de temperatură de la 0 la 800^0
0,9	0,00750	0,00340	0,00335	0,0000135
0,6	0,00770	0,00245	0,00220	0,0000125
0,3	0,00760	0,00105	0,00105	0,0000110

Din tabelă rezultă:

12) Că lungirile probelor la o încălzire de la 600^0 la 800^0 și contrațiunea în timpul recirei lor de la 800^0 la 600^0 descresce împreună cu micșorarea titlului cărbunelui. Mărima lungimeii însă la încălzirea de la 0^0 până la 600^0 pare a fi cam aceeași la diferitele probe.

Curbele de lungimi și de temperaturi de la fig. 19 până la 22 mai arată și la ce temperaturi se ivesc variațiunile de lungime anormale, și dau valori aproximative pentru mărima variațiunilor de lungime pe unitatea de lungime.

O expunere sumară urmează:

Tabela 5. Sirmă de Sandviken

	Titlul cărbunelui 0,9 la suță	Titlul cărbunelui 0,6 la suță	Titlul cărbunelui 0,3 la suță
Lungirea în D	0,00909	0,00887	0,00698
Mărima contrațiunei în D	0,00054	0,00093	0,00056
Temperatura în D	$715-740^0$	$705-720^0$	$705-800^0$
Timpul pentru D	17,5 sec.	16,0 sec.	46,0 sec.
Lungirea în D'	0,00747	0,00635	0,00730
Mărima lungirei în D'	0,00087	0,00138	0,00070
Temperatura în D'	$665-660^0$	$650-625^0$	$20-645^0$
Timpul pentru D'	9,5 sec.	13,0 sec.	16,0 sec.

Forma caracteristică a curbilor de lungime a diferitelor probe în punctele critice D și D' nu se putea percepe, mai cu seamă din cauza intervalelor de timp relativ mari dintre citirile corespunzătoare. Din curba de lungime a ferului cu 0,3

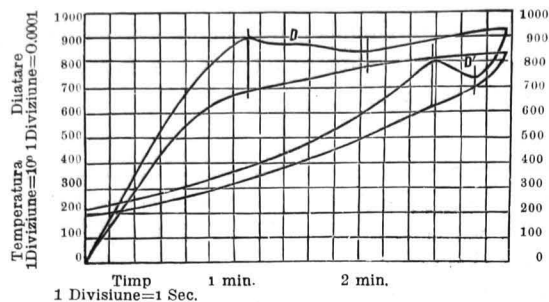


Fig. 21

la sută cărbune ar fi trebuit să resulte ca, contracțiunea în D, după cum s'a spus mai sus, să se facă în două momente D₁ și D₂, din cari primul coprinde intervalul de temperatură de la 705 până la 725°, în ultimul de la 740 până la 800°. Separarea corespunzătoare a punctului critic D' nu se putea observa, pentru aceasta ar fi trebuit o reproducțiune fotografică a variațiunilor.

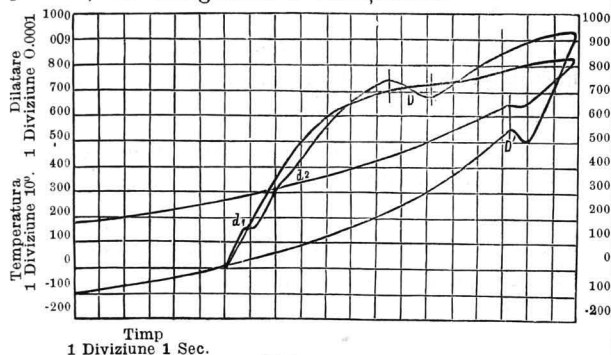


Fig. 22

Valori aproximative a coeficienților în intervalul de temperatură 1 până la 800°

Pozițiunea punctului de rescoacere critic la oțel călit

In fig. 21 sunt represintate grafic curbele de lungimi și temperaturi pentru o buză de fer din sîrmă de Sandviken cu 1,0 la sută cărbune, care după ce s'a încălzit la roșu deschis s'a călit în apă rece. In ceea ce urmează sunt calculate, variațiunile de lungimi ale bazei, din aceste curbe.

Tabela 6. Sîrmă de Sandviken cu 1,0 la sută C, călită

GRAD	Variațiuni de lungime la încălzire	Variațiuni de lungime la recire
0-100	0,00120	0,00120
100-200	0,00160-0,00120=0,00040	—
200-300	0,00250-0,00160=0,00090	0,00050+0,00070=0,00120
300-400	0,00340-0,00250=0,00090	0,00170-0,00050=0,00120
400-500	0,00435-0,00340=0,00095	0,00300-0,00170=0,00130
500-600	0,00580-0,00435=0,00145	0,00450-0,00300=0,00155
600-700	0,00730-0,00580=0,00150	0,00610-0,00435=0,00155
700-800	0,00895-0,00730=0,00165	0,00835-0,00610=0,00225

Din această tabelă resultă :

13) Coeficientul de lungire e mult mai mic la oțelul călit de cît la oțelul *rescopsit* în intervalul de temperatură de la 100 până la 500°; cea mai mică valoare se află în intervalul 100 până la 200°.

Variațiunile de lungime anormale a bazei de oțel călit, după cum resultă din curbele de la fig. 22 sunt în mărime și pozițiune, următoarele :

Tabela 7. Sîrmă de Sandviken cu 1,0 la sută C, călită

	d ₁	d ₂	D	D'
Lungire la	0,00160	0,00732	0,00732	—
Mărimea contracțiunei sau a lungirei la	0,00008	—	0,00055	0,00060
Temperatura pentru	160-200°	400-440°	720-740°	670-675°
Timpul pentru	3 sec.	2 sec.	16,5 sec.	7 sec.

Tabelele 8 și 9 dau o idee de mersul contracțiunei unei bare de oțel călit la *rescoacere*. Conțin determinări de lungime și temperatură pentru bare de oțel călit de sîrmă de Sandviken cu 1,0 și cu 0,9 la sută cărbune, care au fost încălțite la diferite grade de căldură și între fie-care încălțire au fost lăsate să se răcească încet.

Tabela 8. Sîrmă de Sandviken su 0,9 la sută C, călită

Durata încălzirei	Temperatura finală	coeficient de contracțiune
6 secunde	110°	0,00007
12 »	220°	0,00134
13 »	280°	0,00013
24 »	395°	0,00082
30 »	438°	0,00026
36 »	498°	0,00005
90 »	784°	0,00031

Tabela 9. Sîrmă de Sandviken cu 1,0 la sută C, călită.

Durata încălzirei	Temperatura finală	Mărimea contracțiunei
18 secunde	333°	0,00186
18 »	279°	0,00001
18 »	284°	0 00001
18 »	285°	0,00003
30 »	479°	0,00121
30 »	446°	0,00004
30 »	438°	0,00001
30 »	782°	0,00037

Din tabelele 8 și 9 rezultă:

14. Oțelul călit încălzit de temperatură între 160 și 450° și lăsat apoi să se răcească încet, suferă o contracțiune corespunzătoare temperaturii finale. Pentru ca bara să se contracteze și mai mult, ar trebui să se încălzească din nou la o temperatură mai înaltă de cât temperatura finală precedentă.

Explicația rezultatelor experimentale

Lucrarea lui Brinell asupra schimbării texturii oțelului, despre care s'a vorbit pe scurt la început, ajută mult la explicarea fenomenelor de lungime anormale, ce s'au tratat mai sus.

Puntele critice W și v observate de *Brinell* la oțel sunt caracterizate prin aceleași proprietăți ca și punctele critice D și D', atât din punctul de vedere al relațiilor lor reciproce—punct critic în timpul încălzirii, se ivește la temperatură mai înaltă de cât punctul critic la răcire, și ivirea acestui din urmă depinde de primul,—precum și din punctul de vedere al poziției la călirea oțelului, și de aceea ar trebui să se poată identifica. În această ipotesă, fenomenele de lungire și temperatură anormale cari caracterizează puntele în cestiune și aș după părerea autorului, cea mai bună, sau mai bine zis, singura explicațiune posibilă în aceea că, ele stau în legătură cu schimbările anormale a tenturei oțelului și a cărbunelui sau, care după *Brinell* caracterizează aceleași puncte.

Contracțiunea anormală în D sau W ar trebui prin urmare să depindă de o grupare a moleculelor oțelului, iar scăderea de temperatură ce se produce la nimicirea texturii cristaline, de consumațiunea de căldură la prefacerea cărbunelui de cimentare în cărbune de călire, lungirea anormală în D', sau v însă de restabilirea texturii cristaline și urcarea de temperatură în D', de degagearea de căldură în urma prefacerii cărbunelui de călire în cărbune de cimentare.

Horve dă în scrierea sa: *The Metallurgy of Steel New-York 1892, vol. 1 cap. 13*, relațiuni amănunțite asupra punctelor critice ale oțelului, cari cel puțin într-o privință, diferă de cele spuse aci, la pag. 184 vorbește de două puncte critice în timpul încălzirii oțelului, unul se ivește la o

temperatură mai joasă, corespunde punctului v la răcire și e caracterizat de variațiuni de lungime și temperatură mult înaltă și e caracterizat de textură și de schimbarea cărbunelui. Autorul nu poate admite această explicație. Care ar fi în acest caz explicația primului punct care pătrunde atât de adânc în proprietățile fizice ale oțelului, dacă n'ar fi în legătură cu schimbarea de textură și de cărbune, și pe de altă parte cum se poate admite ca să se producă o schimbare de textură și de cărbune în oțel fără ca să resulte schimbări corespunzătoare în proprietățile fizice ale oțelului?

Ca explicațiune a fenomenelor anormale ce caracterizează ferul în opoziție cu oțelul, poate servi mai bine o comparațiune în cercetările termice ale lui *Osmond*.

Ambele puncte critice despre care atât *Osmond* cât și autorul că caracterizează, ferul tare și ferul moale mai puțin, la încălzire și la răcire, se pot ușor identifica. În schimb autorul n'a putut observa un al treilea punct critic la ferul moale.

Puntele critice ce se ivesc la temperaturi mai joase și cari au fost represintate mai sus cu D₂ și D', corespund, din punctul de vedere termic, cu puntele D și D' observat la oțel și stau, după explicația lui *Osmond* în legătură cu schimbarea stărei cărbunelui. Mica contracțiune ce s'a observat la D₁, trebuia că se baza în parte pe întreruperea iuțelii încălzirii la trecerea cărbunelui de cimentare în cărbune de călire, pe lângă aceasta însă și-ar găsi explicația în începerea prefacerii texturii cristaline, deși aceasta se termină în D₂ abia la temperaturi mai înalte.

Puntele critice ce apar la temperaturi mai înalte le consideră *Osmond*, după cum s'a menționat mai sus, ca dependente de schimbări allotropice în fer, și și bazează părerea pe aceea că apare cu atât mai individualisate, cu cât titlul de cărbune din fer e mai mic.

De altminterleza fenomenele de lungire ce caracterizează puntele D₂ și D', nu par de loc a indica asemenea individualisări. Variațiunile de lungime anormale nu se presintă nici mai mari nici mai limitate, cu cât titlul cărbunelui din fer e mai mic, că din contră țin mai mult timp, pe măsură ce descrește titlul de cărbune.

În acord cu explicațiunea dată mai sus, e de părerea autorului că, aceste puncte trebuiesc puse

în legătură cu schimbările de textură, cari la fer, în opoziție cu oțelul, nu stau în legătură cu schimbările stărei cărbunelui.

Pe lângă această explicațiune mai trebuiesc examinate unele din rezultatele de observațiune obținute mai sus.

1) Că contracțiunea observată în D e mai mică de cât lungirea în D', nu trebuie să însemneze că, variațiunile de lungime ce sunt în legătură cu variațiunile texturii la încălzire și recire, au mărimi diferite. Nimicirea texturii cristaline nu pare a avea la tot așa de repede și în același timp în toată masa ce formează, așa că contracțiunea ce e legată de această muncire nu e limitată la intervalul de temperaturi în care se află contracțiunea observată, deși în afară de acest interval e ascunsă de lungirea masei ce se produce în același timp.

5) Dacă proba e adusă la o temperatură mai joasă de cât D, atunci nu se produce nici o turburare în textura s'a cristalină și prin urmare nici reformarea texturii. Prin urmare lungirea anormală în D nu poate avea loc. Deci proba e adusă numai la o singură temperatură, care corespunde cu contracțiunea observată D, textura cristalină nu e de tot nimicită, așa că o parte din cristalisațiune rămâne neatinsă. Prin urmare în acest caz contracțiunea anormală e mai mică de cât în cazul când încălzirea a fost împinsă până la un grad la care toată textura e nimicită și prin urmare toată masa în parte la reformarea texturii cristaline.

6) O încălzire prea lungă sau repetată, la o temperatură prea înaltă, face ferul cassant și 'i dă o frântură *greunfos cristalină* după nimicirea texturii cristaline în D, deci se continuă încălzirea, apare o nouă formațiune cristalină. În aceeași măsură în care se țin cristalele nou formate, tot așa se mențin și la recire, de unde rezultă că o parte din masa schimbării de textură, ce apare în D și D' e sustrasă și că variațiunile de lungime legate de dânsa se micșorează.

Conform cu cercetările autorului, ferul ars și oțelul nu dau nici o urmă de vr'o variațiune de lungime critică.

7) Existența bine marcată a punctelor de dis-

continuitate în curbele de prelungire până la punctul D ale oțelului călit în timpul încălzirii, pare a indica că *nimicirea texturii de călire* (*die Vernichtung der Härtungstextur*) și formațiunea texturii, care e proprie ferului *rescort*, nu se face în mod continuu, cel puțin pentru încălziri la cari sunt supuse probele.

Pentru că variațiunile de lungime și temperatură, ce caracterizează punctele D și D', se ivesc în același timp la oțel, nu se poate trage nici o concluzie din rolul ce joacă schimbarea de cărbune și de texturi, fie-care în parte, la călirea oțelului.

11) La încălzirea oțelului călit pare a se produce în același interval de temperatură, atât schimbări de textură, cât și schimbări în starea cărbunelui, de altmintrelea însă mersul lor pare a fi diferit. Pe când schimbarea stărei cărbunelui, judecând după curbele de temperaturi, pare a se forma, destul de regulat în intervalul de temperatură în cestiune, schimbarea de textură, e din contră mai ales legată de oare-cari temperaturi determinate. Prin urmare concluziunile de mai sus ar trebui întărite prin cercetări mai precise și mai întinse, pentru a putea fi considerate ca pe deplin exacte.

12) Că coeficientul de lungire la încălzirea peste un grad de căldură la care corespunde construcțiunea observată în D, e mult mai mic pentru ferul moale de cât pentru oțel, ar trebui atribuit în primul rang acțiunei ce mai continuă contracțiunea marcată în D peste limitele contracțiunei observate, o acțiune ce pare a crește cu cât titlul de cărbune e mai mic.

13) Dacă se încălzește repede oțel călit, numai o parte din masa corespunzătoare, la fie-care dată, temperaturii finala pare că poate termina a se cristalisa. Dacă se repetă încălzirea, numai atunci se poate continua formarea de cristale, când încălzirea se împinge până la un grad mai înalt de cât temperatura finală a încălzirii precedente. Pentru aceasta nu vrea să dică că nu se formează câte-va cristale la o nouă încălzire până la *temperatura de călire* (*Ablöschungstemperatur*) precedentă, îndată ce ea durează mai mult.