

拔萃

常溫以下及以上に於ける
鐵鋼の抗力に就て

E K 生

輓近諸種の構造用鋼及工具鋼を低溫及高溫に置くことが益々多くなつたので、冷熱間に於ける材料の抗力を根本的に知る必要がある。以下記す所は一九〇〇年より一九二二年までに發表された標題に關する記事の概要である。

實驗方式

(一) 従來は試片を溫浴或は冷浴から取出し試験したが、最近に於ては試験機に試片を取付けて試験中任意の一定溫度を保たしむるやうなものになつた。

(二) 熱源としては瓦斯及電氣加熱爐を用ふる。後者の電熱に依るものは強電流を直接引張試片に通じて加熱する試験機の横架はグッタペルカで絶縁してある。

(三) 溫浴には空氣、瓦斯又は液を用ふる。空氣浴に依るとき試片の酸化を防ぐには窒素、過熱蒸氣、ナフタリン蒸氣等を以て試片を清淨し、或は試片に電氣鍍金をする。冷間試験には氷、炭酸雪、液體空氣等を用ふる。試片を垂直に保持すると放熱が激しいから、これを垂直に保持する方式の方が多く採用されて居る。液浴には攪拌装置を設くる必要があるがこれが爲に溫度の精確なる測定が困難になる。

(四) 引張試験の際熱を傳へるには長い爐を用ふる。この爐にて試片と試験機を一緒に熱する。或は加熱捲線の末端又は下部に強熱を與へ、爐系の各部に於て熱流を調整する。

(五) ローゼンハイン及フムフライの兩氏は眞空爐内にて薄板試片の熱間引張試験を行つた。熱源には二線式電氣管形爐を用ひ試片は陶製管に入れ、二箇の浮槽を浸せる水銀浴にて外氣の交感を防ぐ。水銀を注込めば浮槽は押上げられ試片を引張る。

(六) ウエルテル氏瓦斯爐は二つに區劃せる強固なるアルミニウム筒より成り、筒の内部には試片を保持する爲に圓形の長さ空洞がある。燃焼瓦斯は溝を通して送られる。爐の下部には調整容易な回轉ブレンゼン燈がある。

(七) デウプイ氏は一二五〇度以上に引張試片を熱する爲に炭素管式短絡爐を使用した、炭素の爲に試片に表面硬化を起すから軟鐵屑を詰めてこれを防止した。

(八) カイゼル氏は球壓試験を行ふに抵抗爐を使用した、試験機の鉋頭には鋼球があつて、その背部には既知の硬度の試片を固定してある。鉋が試片に當るところの鋼球は試片と比較試片の双方に凹痕を作るから硬度の決定が出来る。

(九) マルテンス氏は鏡装置によりて高溫度に於ける材料の弾性を試験した。ルーデロツフ氏はマルテンス氏の方式にては不等齊加熱の缺點があるから、試片の延伸が鏡に寫る部分を爐内に移したが成功しなかつた。ウエルテル氏は鏡装置を爐の下に取付け、加熱前に溫度漸高する氣流を送るやうにした、フレンチ氏の引張装置はアルミニウム製の二つの枠より成り、上下の横架と試片は堅く結合され、試片の延伸は二箇

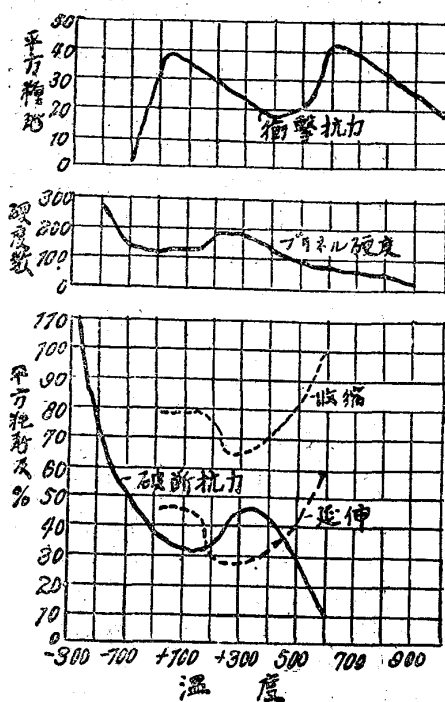
の測定函に傳はる。

(一〇) 空氣浴を應用する際の溫度測定には熱電偶を用ひ、液浴には普通の寒暖計も使用された。

靜的引張試験に依る抗力

(一) ハドフイールド氏に據れば炭素〇、〇四五%、硅素〇、〇七%、硫黄〇、〇〇五%、燐〇、〇〇四%なる極軟鋼の抗張力は次表の如く氷點以下に在りて急速に増加する。

第一圖 冷熱間に於ける軟鋼の抗力



攝氏八〇度に於ける抗張力	三一平方耗庭
同 零下	三七 同
同 八八度	三八 同
同 一〇〇度	七〇 同
同 一九三度	約一〇〇 同
同 絶對溫度	同

絶對溫度に在る材料は非常に脆く全く可延性を失ふ。常溫に於て三〇—四〇%の延伸率を有する軟鋼は液體空氣中にては延伸せずして破斷する、熱間に於ける軟鋼の破斷抗力は約一〇〇度までは少し宛減退し、二五〇—三〇〇度の間に

拔 萃 常溫以下及以上に於ける鐵鋼の抗力に就て

著しく増加し、それから再び減退する。延伸と收縮は一〇〇度にて多少増加し、脆性は三〇〇—三五〇度にて最高値を示す。四〇〇度以上から漸次に柔化する。(第一圖参照)

(二) 低溫度に於ける破斷抗力は炭素量の増加に伴ひ増大する。硅素も稍炭素に似た働きをする。ウエルテル氏に據れば最低破斷抗力は軟鋼の場合より初まり、炭素量の増加に伴ひ漸次著しくなる。彈性界、比例界及延伸は軟鋼に於て最大値を示す。また破斷抗力は一五〇度附近にて最低値を示し、四〇〇度までは漸次に増大し、それ以上はまた減退する。引張溫度上昇すれば流伸界は低下し、三〇〇度以上は之を認むることが出来ぬ、破斷抗力及延伸は四〇〇度以下にて炭素及滿俺量の影響を受くるも五〇〇度以上にては明かな相違はない。溫度に對する破斷抗力値は滿俺量の増加に伴ひ増大する。滿俺量一定であれば炭素量の増加に依る變化はない。

(三) デウプイ氏は鑄造状態及壓延状態に在る鋼に就て試験した。破斷抗力及脆性は二〇〇及三〇〇度の間に高値を示す。破斷抗力は三〇〇度以上から漸減し、融解點附近にて零となる。炭素〇、六%以下の鋼は零乃至一〇〇〇度の間にその收縮率が軟鋼の場合の約六〇%から、〇、六%炭素鋼の場合の〇%まで漸次減退する。炭素〇、六%以上は收縮せずして破斷する總ての鋼は一〇〇度以上にて收縮率は一〇〇%になる。

(四) デウプイ氏の説明に據れば零乃至七二〇度(A_{cl})の間に在りて軟鋼は破斷抗力に達する前にフェライトが粘性的變化をする。炭素量増加し、パーライト組織を増せば靱性が減退する。ユーテクトイド鋼が著しき變形を爲さずして破斷するはパーライトが靱性を有せざる爲である。セメントタイトも

亦變形性がないからハイパーユーテクトイド鋼は之に似たる性質を示す (A_{C3}) 以上の固熔状態にては完全なる延性を有する (A_{C1}) と (A_{C2}) の間に在りては温度の上昇及び鐵量の増加に伴ひ延性を増す。 (A_{C2}) と (A_{C3}) の間に在りては炭素四%以下のもものは收縮率が低い。これは延性に富める α 鐵の代りに脆性ある β 鐵が現はれ、鐵が僅少なる爲である。高温度に於て力が低下するのは材料の一部が融解を起し固體の部分が減じて延性が零となるからである。炭素〇、一五%の試片に於て二箇所に收縮を起すのは八〇〇度及一〇〇〇度の間に於て一寸抗力の増加がある爲であると説明して居る。

(五) 試験速度の影響はル・シャトリエー氏が冷熱間に於ける鋼線の引張試験に依りて、破断抗力及弾性界は温度の低下(冷間試験) 及上昇(熱間試験)する方向に速度の増加に伴つて移動することを確定した。

(六) ルーデロツフ氏は鍊鐵、鑄鐵等を用ひ温度の上昇に伴ふ抗力の變化を試験した。炭素〇、一六——〇、二〇%にて常温に於て二〇——三〇%の延伸率を有する鋼は次表に近き値を示す。

熱間に於ける鋼鑄物の抗張力變化表 (ルーデロツフ)

温度	抗張力	延伸
一〇〇	正 六	負 三〇
二〇〇	正 二二	負 五〇
三〇〇	正 二〇	負 三三
四〇〇	正 七	正 〇

常温に對する變化(%)

破断抗力は一〇〇度までは僅に増加し、三〇〇度にて最高値に達し、それから減退する、弾性界は温度が昇れば減退する炭素量約三、六%なる鑄鐵は抗張力が左の通變化する。

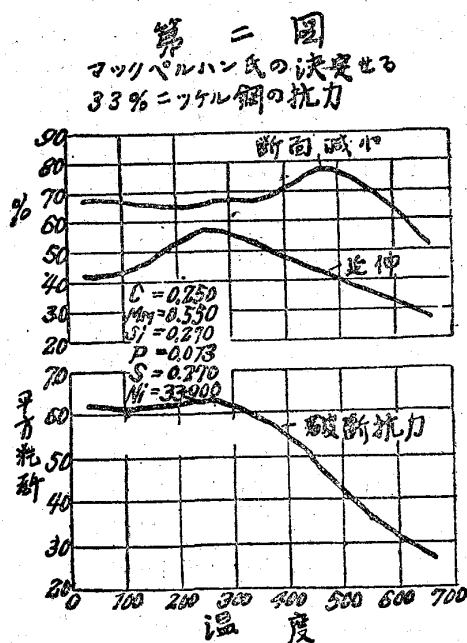
高温度に於ける鑄鐵の破断抗力變化表 (ルーデロツフ)

温度を一〇〇度とせる比較數

一〇〇	二〇	三〇〇	四〇〇	五〇〇	五七〇
八八	一〇七	六八	三八		

(七) サイクス氏は熱間に於けるモリブデン鋼線を試験して粒が粗大となれば破断抗力が減退することを決定した。

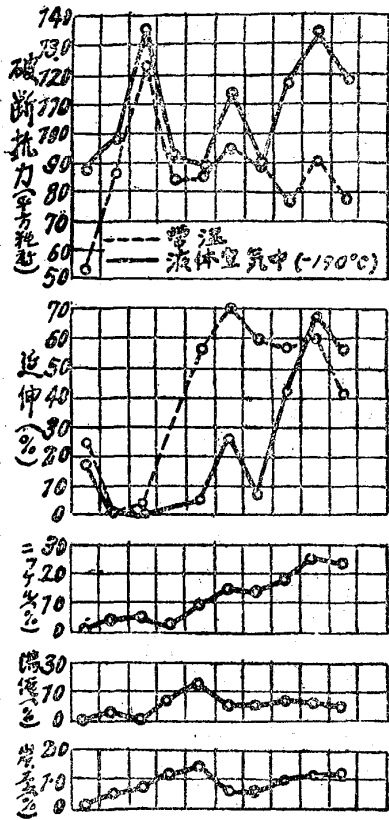
(八) エーデルト氏はクロム二〇・六%ニッケル五・七%の特殊鋼は五〇〇度以上に於て延びが非常に減ることを知つたこれと同様の測定はマック、ペラン氏が三三%ニッケル鋼に就て行つた。(第二圖参照)



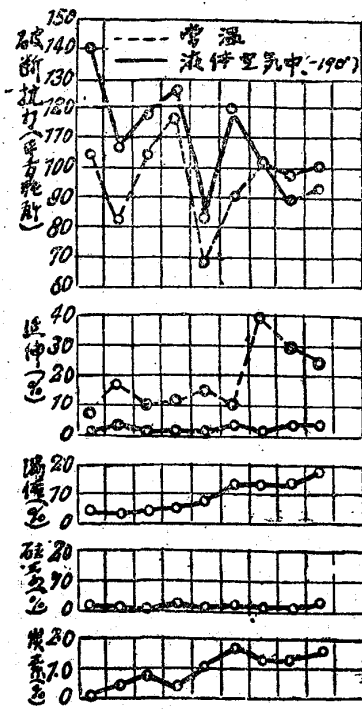
(九) 純鐵にニッケルを加へたるものは液體空氣の温度にてその延性良好にして硬さ及抗力にも著しき影響がない。炭素量多きニッケル鋼にてパーライト質並マルテンサイト及オーステナイト質のものは液體空氣の温度にて延伸は減退するが破断力は高くなる。殊にマルテンサイト質ニッケル鋼は引張試験に際し延伸が少ないのに破断抗力が高い。炭素〇、三——〇、六%、ニッケル二——三%、クロム一——五%、のニッケルクロム鋼を液體空氣中にて試験したるに延伸は一

二四%滿俺六%コバルト一、一九%のものは常溫に於けるよりも液體空氣中に於て特に良好なる延伸を示す。破斷抗力は常溫に於て約八〇庇であるが、液體空氣中にては一三三庇となり常溫延伸は六〇%であるが、液體空氣中にては六七%で

第四圖
ハドフィールド氏の決定せる冷間に於けるニッケル滿俺鋼の抗力



第三圖
ハドフィールド氏の決定せる冷間に於ける滿俺鋼の抗力

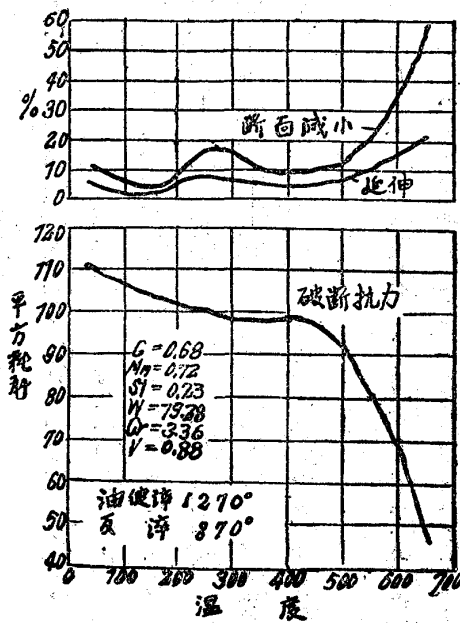


定ならず且つその度毎に減退するの抗張力は高値を示した。オーステナイト質ニッケル鋼は普通の炭素鋼に比し高き破斷抗力と比較的良好の延伸値を示した。
(二〇) 滿俺鋼は冷間に於ては非常に脆い。ニッケル一四%以下、滿俺五%の鋼は冷間に於て僅に延伸が減ずる。ニッケル

(一) 硬さは常溫以下にて増加する。ハドフィールド氏は炭素〇、〇四五%の軟鐵は、常溫に在つて硬度數九〇のものが液體空氣の溫度にては二二六に増加すると云つて居る。ロバ素氏は零下二〇、八〇、一八五度に於て諸種の鋼のブリネル試験を行つたが、總ての鋼の硬さは二〇度までは溫度の降下に伴ひ少しく増加するが、八〇度までは著しく増加しそれ以下は頗る迅速なる増加を示す、零度から一八五度に降る間に硬度數は約一〇〇増加する。
(二) 燒鈍鋼の硬さは漸次に減退し一〇〇度に最低値を示し、二〇〇—二五〇度の間に急速に最高値に達する。鋼

硬

第五圖
マックペラン氏の決定せる熱間に於ける炭素鋼の抗力



ある。第三圖及第四圖にハドフィールド氏の試験成績を示す。
(一一) クローム、タングステン、モリブデン等を附加し、工具鋼の切削能力を高むるのは、その柔化點を高溫度に移す爲である。第五圖はマックペラン氏の行へる引張試験の成績である。

が柔化すれば硬さは減ずる。焼入炭素鋼は二〇〇度以上なれば硬さが急に減じて一定する。炭素量の増加に伴ひ硬さも増す。柔化温度に達すれば炭素鋼は炭素量に關係なく同一の現象を示す。八五〇度に於ける鋼の硬さは僅である。

(三) 銑鐵は一〇〇度に於て硬さの最高値を示す。四五〇度以上にて急速に硬さを減ずる。

(四) プリネル硬度の變化が常温加工のためどうなるかはキウルト氏が軟鐵に就て試験した。常温加工に依る硬さの増加は高温度に於ても現はれる。四〇〇度に於ける結晶變形點に達すれば増加せる硬さは消失する。

(五) ロバン氏は燐量多きものは柔化點が高温度の方に移行くことを決定した。炭素〇、五%、燐一%の鋼は四〇〇度から柔化を始める。

(六) 合金鋼の硬さは常温以下に降れば著しく増加する。この性質はクローム鋼最も著しく、タンゲストン及モリブデン鋼に於ても現はれ、ヴァナデウムを含む高速度が最も僅少である。ロバン氏に據れば高ニッケル鋼(オーステナイト質)は冷間に於て僅に硬さの増加がある。之に反しニッケル二五%、炭素〇、八%、クローム二%のもの零下八〇——一八五度の間に於て頗る硬く且つ強き磁性を有する。液體空氣中にてはその組織がマルテンサイトになる。二七%純ニッケル鋼は液體空氣の温度に在りても硬さに變化がない。

(七) ギエー及クルノー兩氏に據ればニッケル鋼及ニッケル、クローム鋼は零下八〇度に於てまづ硬さを増すが、これを純炭素鋼に比すれば零下一九〇度に於てさへ硬さの増加は僅少である。

(八) 高速度鋼は約六〇〇度まで同じ硬さを保つ、二五%及三〇%ニッケル鋼はロバン氏の測定に據れば一〇〇〇度以上にて柔化する。コバルトは高速度鋼の柔化を制止する性能がある。常温に於ける高速度鋼は純炭素工具鋼よりも軟である。

動的性質

(一) 冷間及熱間に於ける動的性質の試験は困難である。爐若くは冷却槽から試験機に移す中途に於て温度が變化して過誤の原因を爲す。

(二) 零下七五——正一〇〇〇度に於ける衝撃値は第一圖に示す通である、二五度と六〇〇度に於て高値を示し、約四五〇度に於て最低値を示して居る。温度の影響は衝撃値よりも屈曲角に一層明白に現はれる。

(三) チャーピー氏の調質軟鋼の衝撃抗力試験に於て常温以下にては常に僅少なる靱性を示し零下五〇度以下にて零となる。正一〇〇——一五〇度間に於て靱性の増加を認める。多數の實驗家は二五〇——三〇〇度にては靱性の減退なく、これよりも高温(四五〇——五〇〇度)にてその減退を示すことを決定して居る。尙一層高温となればまた急に衝撃値がよくなる。

(四) リンホルド氏は炭素量遞増せる四種の炭素鋼の衝撃抗力試験をした、その測定に依れば四〇〇度から五〇〇度までは衝撃抗力を増加し、五〇〇度以上は炭素量の増加に伴ひ反つて減退する。炭素〇、八%の鋼は六三〇度に於て殆ど常温と同じ衝撃値を示すが、炭素〇、四%の鋼は六三〇度にて常温値の五倍になる。一〇〇——三〇〇度及六〇〇——七〇〇度にて二つの最高値、四〇〇——五〇〇度にて最低値

を示す。

(五) ロバン氏は高温度に於ける多數の鋼の衝撃抗力に對し、錘の落下速度の影響を試験した、その成績を見るに四〇〇度以下の温度にては鑄鐵の衝撃抗力は落下速度の影響を受けな、四〇〇度以上は落下速度の増加に依り衝撃抗力も亦増大する。常温及熱間に於て炭素鋼を變形するに要する力はロバン氏が撃潰試験に依つて決定した。撃潰抗力の最低値は三〇〇度にて現はれ、最高値は五〇〇度で現はれる。供試片が太鼓の胴のやうに張出す大さを以て測れる延性は反對に三〇〇度にて最高値、五〇〇度にて最低値を示して居る。この成績に基きロバン氏は材料の可鍛性は引張試験片の断面收縮値によらず、動的撃潰試験による測定成績を以て決定するが宜しいと云つて居る。要求事項を脆性出現温度の關係、特に速度を増加する爲に脆性出現温度が高温度の方に移動することに就て、ロバン氏速度の増大に伴ひ常温自淬 (Kalthärtung) の結果として脆硬なるβ鐵を生ずるので一時上移すると説明して居る。新研究によれば四五〇—五〇〇度に於ける脆性の増加はβ鐵及青熱状態に於て起る脆性の爲なりしとされた、しかしこれに關し満足な解説を與へた者はない。

(六) 磷は衝撃抗力を大ならしめる。例へば鑄鐵中に〇、六%の炭素と一%の磷があれば、その比較上の衝撃抗力は炭素〇、四%にして磷少量なき鋼と等しくなる。

(七) 特殊金屬を純炭素鋼に加ふれば高温度に於ける衝撃抗力を増すことは、引張試験の場合とその影響が似て居る。四五〇—五〇〇度間に於ける靱性の減退は僅少である。チャーパー氏は零下八〇度までの温度にてクローム・ニッケル鋼

及ニッケル鋼の衝撃抗力は約一〇珎米なりと決定した。

(八) ギエー及レヴィヨンの兩氏は右と反對の成績を得て居る。二%若くは七%ニッケル鋼の四五〇度に於ける衝撃靱性の減退は常温値の約一〇〇%である。またニッケル四、三八%、クローム〇、八%の鋼は柔化を始むるまで等しき衝撃靱性を持つて居る。

(九) エーデルト氏はクローム、ヴァナデウム鋼及合成量多きクローム・ニッケル鋼は七〇〇度以下にて絶えず衝撃値が高いことを決定した。

(一〇) 衝撃屈曲試験片と同様に、交番屈曲試験片は延性の變化を示す。ラウツ氏は温度の上昇に伴ひ熔鐵の延性は約一〇〇度まで徐々に増加し、一六〇—二〇〇度間に在りて最高値を示し、これより尙温度上昇して青熱状態に入り最低値に降る、屈曲回数は三〇〇度るとき常温に於て決定せる基本回数の七割に低下する。ラウツ氏が交番屈曲試験機に依りクローム・ニッケル鋼にて決定せる値は熔鐵とは相違ある。

(Eisen u. Stahl, 43 Jahrgang, Heft 45)