

# ● 高速度工具鋼に就て

The Iron Age vol. 96. No. 5

F I 生

熱取扱法及び其組織に關して

一般に高速度工具鋼なるものは其成分より見ると極めて複雑なものであつて、即ち重要成分として鐵、炭素、硅素、滿俺、タングステン、クローム、ヴァナヂウム、モリブデン、コバルト等を含有するものであるが或る種のものになると此等の元素の八つまでも含有して居るものがある、英國製高速度工具鋼の成分を分析して見ると次の様な割合になつて居る、即ち百分中

炭素、 〇、四五乃至〇、八五%

クローム 二、五乃至六、五%

硅素、 痕跡乃至〇、二%

モリブデン 〇、〇乃至二、〇%

滿俺 〇、一乃至〇、五%

ヴァナヂウム 〇、〇乃至一、五%

タングステン 八、〇乃至十八、〇%

コバルト 〇、〇乃至五、〇%

以上八個の元素から多數の種類鋼が得らるゝわけで、市場に出て居る高速度鋼の極めて多數に上つて居る所を見ると、すべての鋼製造業者は高速度鋼の發明に全力を盡したものと思はる、過去五六年に亘り、著者は自己の手により四十個以上の品質の異なる特種鋼を得て居るのであるが、現時市場に現はれて居る此等鋼の中、最も優秀であると思はれる三個のものに就て分析をして見たが、下の様な成分から出來て居る事がわかつた、即ち

第一番 第二番 第三番

第一番 第二番 第三番

炭 素% 〇、六〇 〇、六四 〇、六三

クローム% 三、五八 二、五一 四、二七

硅 素% 〇、三〇 一 一

ヴァナヂウム% 一、〇四 〇、九五 一、〇〇

滿 俺% 〇、〇四 〇、一六 一

モリブデン% 〇、五四 一 一、二二

タングステン% 一四、六二 一七、七七 一四、七六

斯様に高速度工具鋼は種類極めて多數に上つて居るので、技術家は此等多數の中何れを撰ぶべきかに就て非常に苦心をする所であつて、テーラー氏 (Taylor) は十四ヶ年間の經驗に照して、工具なるものは其眞價を發揮してしまはない中に、既に用に立たない様になるべきものであると結論して居るが、著者自身の經驗によつて見るも、やはりテーラー氏の言ふ通りで如何なる種類の鋼であれ、その鋼の有する眞の價値を認めんとするには、是非ともその試片を破壊不用に歸せしむる迄試験をして見なくてはならないのである。

#### 高速度鋼に對する熱取扱法

高速度鋼の性質として非常に硬いものであるから、之れを鍛鍊するには普通の炭素鋼の時に用ゆる温度よりも遙か高い温度で行はなくてはならない、即ち鍛鍊温度は必ず攝氏千度以上でなくてはならぬ、もし假りに攝氏千度以下で鍛鍊すると云ふと、非常にひびが入りやすく、然も此のひびは目に見えぬ程細いものであるが、鍛鍊するに當つてだん／＼大きくなり、遂に焼入をするに當て失敗を招く様になるのは請合ひである、次に焼鈍であるが、之は攝氏八百度以下の温度に長く保つて置く事が必要であつて、よく鋼製造者は攝氏千度以上の温度に保つて焼鈍を行ふものもあるけれど、此方法は今述べた方法よりも不成功に終る事が多い、焼鈍を行ふ際に別に豫備的にやる焼鈍方法があるけれども、著者は後で高速度鋼の理論の所に就て述べてある通り、此方法は鋼使用者にとりて決して有效なものでない事を斷言する、既に明かな事實となつて居る事柄であるが、高速度鋼に對して普通赤熱硬度と稱せらるゝ性質を十分帯びさせるためには、其鋼の熔融點 (melting point) 近くの温度に熱すると云ふ事が極めて大切な事であつて、斯様な高温度に熱するためには普通鋼を灼熱するに使用さるゝ骸炭、或は瓦斯、或は重油點火装置による爐中で行ふのがよい、而して如何なる高速度鋼と雖過熱による害は極めて甚しいものであるから、爐中の温度はよく驗熱器を以て加減をとつて行く事が必要で

ある、著者の経験によると、高速度鋼の焼入温度は攝氏千二百度と千二百五十度の間の温度が最もよい様に思はる、多數の専門家は千三百度を以て高速度鋼の焼入れが最もうまく行く温度であると云ふて居るが、之れに關して述べて置きたいのは、攝氏千度以上の温度測定は製作所に於て極めて困難な事であつて、作業状態のまゝ此の仕事をやらなければならぬ場合には、更に困難となつて來るのである、隨て此際にも材料が常に一樣の状態のもとで作業が行はるる様、驗熱器を使用して温度の加減を取つて行く事が是非とも必要であつて、著者の考へによると高速度鋼の焼入温度に種々様々ある所を見ると、つまり非常な高温度を精密に測定する事は極めて困難であると云ふ結果に外ならぬと思はる。

さて高速度鋼の焼入れをして焼戻しをするに、何が最もよいかと云ふと、鹽類の水溶液を用ふるがよい、即ち焼入れの際に用ひらるゝ鹽類は鹽化バリウムであつて、之れは低壓の交流電流によつて最も工合よく熱せらるゝものである、斯の如く電流によつて熱せらるゝ鹽類水溶液を用ふると、温度の一樣と云ふ事は極めて容易に調整して行く事が出来るし、尙又比較的少さなものに對して最善の結果を提供する事が出来る、併し之れに反し大きな工具になると、熱し方のあまり急な爲か時として破目を生じ易い事がある、それ故に此際今用ひた様な鹽類水溶液の中で焼入れを施す場合には、豫め攝氏八百度位の温度に豫熱して置く必要がある。

以上述べた所によると焼入れに用ふる鹽類水溶液は大きな品物に對しては、何か別に特種の影響を及ぼして居るものではあるまいかと云ふ事に就て、著者は長い間不審を抱て居つたのであるが、斯様な方法で焼入れをした工具を見ると、表面に除炭作用の影響を受けて柔い外皮が生じてくる様な傾向があるもので、工具の中磨を要するものに對しては、此事は何等仕上工具には影響する事がないけれども、切斷用工具に於ては此缺點は焼入作業をして不可能ならしむる程有害なものである、長日、

月の間其の道の専門家は此の事に就て考へて居つた様であるが、それで見ると此困難を醸す先づ第一の原因は、材料を熱して居る間に鋼中の炭素を酸化驅除せしむる働をなす所の空氣の薄い層が、其材料の表面に出來て來るためである、そして大きな材料を處理する場合には、此影響が殊の外甚しいものであると曰つて居る、それで此困難な空氣の薄い層の出來て來るのを除かんがため、材料を高温度に熱する前に豫め極て溶け易い鹽類の水溶液中につけて見たらよかるふと云ふ企が出來て、實際やつて見ると勿論有效は有效であつたが、併し全然前の困難を除く事は出來なかつたのである、最近歐洲大陸地方の研究家のなした仕事を見ると、此除炭作用は全然水溶液中で生成せらるゝ鹽素との結合によるものなりと云ふ事を發表して居るが、一方研究する所によると鹽類水溶液を引續いて永く使用すると、酸化バリウムの生成に依て其の液は鹽基性を帶ぶるに至る、けれども其の水溶液の表面から發生する蒸氣をしらべて見ても、全然鹽素の存在を認むる事が出來ないのである、而して著者自身は其水蒸氣が多量の鹽化水素を含んで居ると云ふ事實からして、此酸化バリウムの生成を高熱状態にある水蒸氣の作用に基して居るものと斷言したのである。

次に焼戻し(Tempering)の事であるが、高速度鋼の焼戻しを行ふには、其鋼の成分及今後の使用目的によつて温度を異にするのであるけれども、攝氏零度と七百度との間の温度ではすべて有效に行はれるのである、即ち攝氏三百度迄の温度に對しては油槽が用ひらるゝのであるが、是れ以上の温度になると、油を用ふる事は極めて危険を伴ふ事がある、それ故攝氏三百度以上の温度が必要な場合には鉛槽が適用さるゝも、専門家は熔融狀鹽類(Fused salt)の槽が好ましいと云つて居る、それから五百五十五度迄の温度には硝酸加里と、硝酸ナトリウムとの共溶體を用ひ、六百度近くより七百度迄の温度には鹽化ナトリウム、鹽化カルシウム及鹽化加里の混合物(攝氏五百度にて熔融す)を利用する事が好まし

## 高速度工具鋼に關する學說

或る適當な處理法によつて普通の炭素鋼が硬くなると云ふ原因に就ての最近發表に係る論說を見て、吾々は如上の如き複雑なる成分よりなる高速度鋼、而も此ものは二種類の硬度を有して居るのであるが、其高速度鋼の硬度に關する學說を考究する事は稍々時機を得て居らぬのではあるまいかと思はる、況や現に今日まで何人も炭素を含有せざる鋼を製造したものがなかつたと云ふ事を思つて見ると、此炭素なる元素は鋼に切斷力を附與する主なる原因者でなければならんとも考へらるのである、隨て高速度鋼の硬度に對する原因の何たるやに就て、種々の論說も現はれるであらうけれども、何れも其基は炭素鋼硬度に對する原因を假定としなければならぬ。

高速度鋼に關する論說を最も早く世に發表せしは一九〇三年であつて、ベラー氏 (Bohler) が最も有名であつた、即ち氏はタンゲストン並びにクロムなるものは、共にパーライトの變化を大氣の溫度以下の溫度にまで及ぼさしめ、斯くて常溫に於ては高速度鋼の安定狀態は硬いものであると結論して居つたのであるが、爾來多數の専門家によつてクロムなるものは炭素の熔融狀より析出せらるゝ所謂臨界溫度を低下せしむる事なく、寧ろ實際に於ては溫度を上昇せしめ、其結果クロムは炭素をしてハードニング炭素として存在せしむる事を困難ならしむるものであると云ふ事が證明せられて來たのである、即ちクロムによる溫度上昇の程度はかなり烈しいものであつて、クロム一パーセント加へらるゝ毎に攝氏十度の上昇を示すと云ふ事である、猶重要な事として臨界點なるものは事實上其金屬の冷却せらるゝ所の溫度には全く無關係なりと云ふ事である、要するにクロムの影響に關しては、ダブルカーバイド (Double Carbide) の成生と云ふ方面に向つて存在して居るに相違ない、此炭化物の焼鈍されたる鋼中に存在するものなる事は、アルノルド教授 (Prof. Arnold) の研究により證明せられた所であるが、不幸にして同教授の斯界に於ける研究は焼入れ鋼にまでは及ばずにし

まつたのである。

次にタングステンであるが、鈍鐵タングステン合金の變移點(Transformation point)に及ぼすタングステンの影響に關しハルコルト氏(Harkort)は述べて曰く、 $\alpha$ 鐵より $\beta$ 鐵に又 $\beta$ 鐵より $\alpha$ 鐵に變る温度はタングステンの存在によつて少しも變化がないと發表せられて居る、併し $\gamma$ 鐵と $\beta$ 鐵との間に起る變移點の温度は稍々上昇せらるゝものであつて、タングステン五パーセントを加ふる時は變移點を攝氏三〇度も上昇せしむるのであるが、同時に相互間に起る反應の強さは減少して來るもので、即ちタングステンの量の増加するに隨て $\gamma$ 鐵の $\beta$ 鐵に變化し行く量が少なくなるのである、一方又 $\beta$ 鐵と $\alpha$ 鐵との間の變化が一定に止まつて居る所を見ると、必ずや熔融状態より析出し來る鐵—タングステン化合物の分解によつて幾分かの $\beta$ 鐵を發生したるに相違なかるべしと云ふ事が斷言される。

タングステン三パーセントを含有し炭酸の量に種々の變化ある多數の鋼に就て、スウインデン氏(Swinden)の研究によれば、熱を過分に高く上げずして熱する時は、上述の鋼の示す冷却曲線(Cooling curves)は少しもタングステンを含有しない同一の炭素鋼の示す曲線とは左程著しく異らないのである、けれども若し温度が或る限界を超へて高くなると、之れによつて生ずる曲線を見るときは、 $A_1$ の點が著しく下降して居る、即ち攝氏六百八十度より五百七十度になつて居る、此低下さるゝ温度は一定であるが、併し此温度に下降せしむるため、初め鋼を熱すべき温度は炭素含有量に隨て増加するものである、最初カーペンター氏(Carpenter)の發表した所に依ると、タングステン、モリブデナム鋼の臨界温度は、初め鋼の熱せらるゝその温度によつて影響せらるゝものであると謂はれて居るが、又同時にその作用たるや單に臨界温度の低下に非ずして變化が二部分に分割せられ、一部分は極く低温度に於て發生するものであると云ふことを示されて居る。

現今に至るまで高速度鋼に就ての理論はかなり澤山發表せられて居る様であるが、此等の中最も

有益なりと思はるゝ説はエドワード氏 (Edwards) の發表せるもので、一九〇八年のアイオン、アンド、スチール、インスチテウト (in Carnegie Memoirs of the Iron and Steel Inst.) に載せられてある、エドワード氏は高速度鋼の研究に當り、二種の鋼即ち一は一定のクローム量六パーセントを含有し、タングステンが〇より一九パーセントの間を上下せる鋼と、他はタングステン量一定にして一八パーセントを有し、クロームが〇より八パーセントに順次に上昇せる鋼を取つて研究を續けられたのである、その結果を見ると、初め加熱温度が攝氏九百五十度以上に亘らない時には、如何にタングステンを加ふるも臨界温度の位置に關して何等の變化をも認むる事が出來ないが、若し最初に試料が攝氏千三百二十度に熱せらるゝに及んでは、依つて生じ來る冷却曲線を見るときは、臨界點が二部分に分割せられ、上下二個所に臨界點を發見する事が出來るのである、上部の臨界點は稍々少し上昇せらるゝも、下方の點は攝氏四百二十度と四百七十度との間の温度に於て發生する、此變化は直接タングステンの存在によつて起るものであると云ふ事は、今若しタングステンを含有しない鋼の冷却曲線が少しも初めの加熱温度如何によりて影響せらるゝものでないと云ふ事を見れば分り易き事實である。

タングステン鋼なるものは高温度より冷却された時分に於てのみ低き臨界點を發生するものであるからして、此臨界點と謂ふものは全く眞の $A_1$ 點とは無關係であつて、唯高温の狀態に於て成生せらるゝ所のタングステンの炭化物の影響を蒙つて發生するものと思はれる、一方又上の事實は鐵のタングスタイドの成生にも依ると考へらるゝのは、彼のハルコルト氏の研究によつて斯の如き化合物が存在し得るものなりと云ふ説が確實となつて居るのを考へても會得し得る所がある様である、今タングステニクローム鋼を見るに若しクロームの量が少し餘分に過ぎて居る場合か、及びその鋼が極く高温度より冷却せらるゝ様な場合には、斯の下方にあらはれてくる臨界點は消滅して行くものであつて、此等の事實から考へて見ると高速度鋼に於ては、攝氏千二百五十度近くの温度に熱す

ると云ふと、タングステン及びクロミウムは、鐵の中に固溶體となり、ダブルカーバイドの形になつて成生せられてくる事が推定せられる。クロムの存在に依つてカーバイドの熔液中より凝結し初むる温度を上昇せしめ、極く高温に於て作業を可能ならしめ、同時にダブルカーバイドなるものは鐵のカーバイドよりも遙かに安定な状態があるとの事である。

要之、高速度鋼に對する研究は目下非常な困難を伴ふため、十分正確な結論は發表せられぬ様であつて、テラー氏は工具鋼と稱する書籍の中に述べて居らるゝが、今日まで科學者により新しい高速度鋼に對し、最も肝要なる性質を研究するための二種の方法が發表せられてあるが、何れも効果を奏する事が少ないと曰はれて居る、一方又その著者は此説に反對して現今にては盛んに此の複雑な冶金學の一部分に向つて邁進して居る様である。

#### 高速度鋼の檢鏡組織

高速度鋼の檢鏡組織を研究して見る事は極めて興味多い事であつて、下に成る可く簡單に此の檢鏡組織に關し述べて見よう、第一圖に示してあるのは大きな徑を有すカッターの製造に對し使用せらるゝ高速度鋼の極めて大なるバー(Bar)より切つた試片の組織を現はしたもので、之れが製造には非常な困難を伴ふたさうである、よく寫眞にあらはれて居る所を見ると、その組織から云つて高速度鋼の代表的とも云ふべき組織をよく示して居るのが分る、猶粒の大きさから云つて見ると、鋼塊(インゴット)からローリングにかける際鋼塊に與へられた熱度竝に器械的處理法が十分完全に行はれて居なかつたと見へて、その材料に極く微細な高速度鋼特有の組織を與へる事が出来なかつたと云ふ事も分るのである、それで今十分材料に對し立派な微細な組織を與ふるためには、鍛鍊する事によつてか或は攝氏千度以上の温度に長く保つて置くといふ事が發見せられたのであるが、茲に何故鋼製造者が高速度の状態で焼鈍作業を行つて効果が多いかと云ふ事に就て説明を試みたいのであ

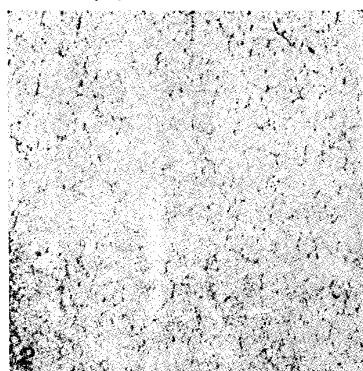


るが、要するに之れは一般高速度鋼なるもの、性質から云つて、その成分たる種々の元素が互に分散 (diffusion) し合ふ事が極めて緩慢であつて、その結果粒の大な組織を有するものは唯々稍々劇烈すぎる位の取扱ひに依つて、始めてその材料に効果を及ぼして來ると云ふ事に外ならないのである。教授カーペンター氏は述べて曰はるゝに、高速度鋼を過熱する事は不可能の事に屬するが、併し今日まで多數の高速度鋼使用者の經驗に依ると、上記の如き高速度の狀態に永く維持すると云ふ方法はあまり上等な取扱ひ方でないと云ふ事が分つたのである。第二圖に示してあるのは高速度鋼片であ

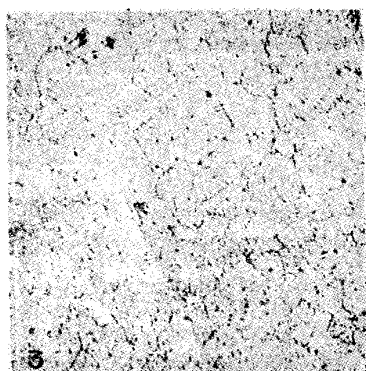
第一圖



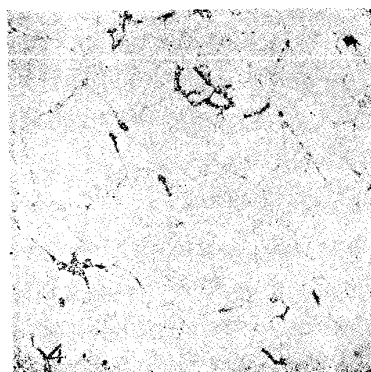
第二圖



第三圖



第四圖



つて、最もうまく焼入れの行はれたものであると考へらるものである。此の材料は僅か二分間攝氏千二百二十度の温度に熱し置き次に鯨油中に入れて焼入を行ふたものである。寫眞に現れて居る様に組織は細かなオーステナイトから成立して居つて、所々に全體の表面に現れて居る組織とは違つた斑點が見受けらるゝ。第三圖はやはり攝氏の千二百二十度に五分間熱して置いたもので、圖に現れて居る様に粒は前者よりも非常に粗くなつて居る。第四圖は同一の成分を有する鋼を二分間攝氏千二百九十度に熱したものの、鋼の寫眞であるが、僅か七十度位しか違はぬ熱度の取扱ひによりて、前者とは全然相違せる組織となつて來て居るのが分る。即ち粒は極めて大となつて來て固熔態の組織となつて來て、外觀上顆粒狀の網目がよく目に著くのである。扱て一度高速度鋼に與へた所の組織は容易に

除去せられないと云ふ事、即ち其高速度鋼はよく己れの有する組織を固執するものであると云ふ事は、第五圖を見ればよく分るのであつて、即ち圖面は試料を攝氏七百五十度に暫時熱した後、高温に過熱したものを示すもので、此處理法によつて、高速度鋼は全然適度に焼入を施された所の組織を除去せられたのである。

エドワード氏は高速度鋼の使用に堪へざるに至る所以を述べて、その材料は赤熱硬度なる性質を失つたためではなくして、寧ろ頗る脆弱なる性質を有する新らしき組織の出現に外ならないと云はれて居る、多くの専門家は種々様々の温度にて焼鈍した多くの鋼を取て研究の用に供したのであるが、

圖 五 第

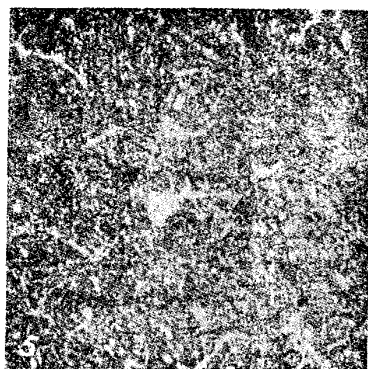


圖 六 第

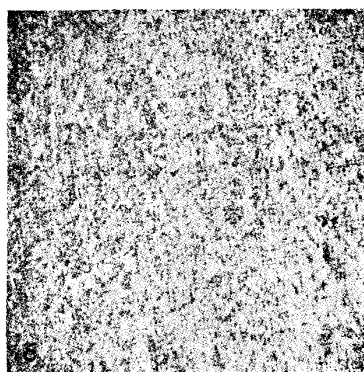


圖 七 第

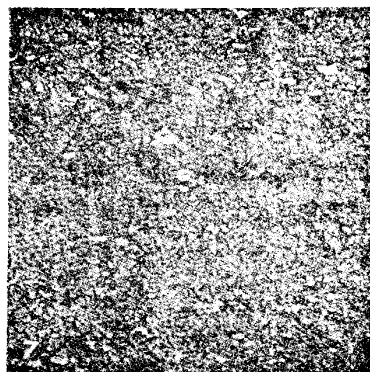
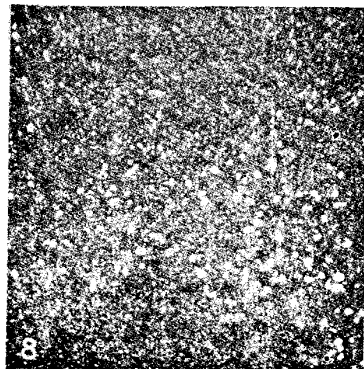


圖 八 第



エドワード氏の言ふ様な脆弱な組織は一向現れて來なかつたと云つて居る、寫真第六、第七、第八の三者は適度に焼入れをなされた所の高速度鋼に對し、焼鈍により如何にその鋼の組織に變化を及ぼしたかを示したものであつて、攝氏四百度以下の温度に於て焼戻しを行ふも、その組織には何等の變化をも及ぼしてないと云ふ事が分つて來た、カーペンター氏は攝氏三百五十度以下の温度にては到底變化が起るものでないと云はれて居るが、吾人の研究せる所によると焼戻の效果の顯著になつて來る點は、主として焼入の十分行はれる位の温度に於て目に立つて來るものである、が併し如何なる場合でも焼戻しは攝氏四百五十度と五百度の間の温度で効力が多い様である、金屬の檢鏡試験では焼

戻しは初め腐蝕試験を施した後で表面の稍々暗黒になつて來るので認めらるゝもので、第六圖では攝氏四百九十度で焼鈍した鋼の組織を示し、粒の大體は猶微かに見受けられるが、併し焼戻し作業を續けて行くと、その粒は消えて遂には第七圖に現はれて居る様な白斑點を有する様な組織となつて來る、同圖は攝氏六百八十度に於て焼鈍せられたものである、此等の白斑點の組織はよく第八圖に現れて居るのであるが、此組織はなましを受け、た高速度鋼特有の代表的の組織を示して居る、此試片は攝氏七百五十度に於て焼戻されたもので、第五圖に示してある鋼の組織と比較して見ると興味が多い要するに一般に高速度鋼に對し、處理法の悪しきものに對し、その悪影響を除去せんとするにはなましを長く行へばよいと云ふ事になつてくる、即ち之れ高温度に於て形成せられたる複雑な炭化物の分散すると云ふ事は、極めて緩慢であると云ふ結果に他ならぬからである。

## ●電氣分解に因る快遊艇船體腐蝕の實例

(千九百十五年十一月發行　ジャーナル、オブ、ゼ、アメリカン、ソサイエティー、オブ、ネーヴァル、  
エンジニアリース所載)　　K　M　生

紐育ヨンカーのアレキササンダー、コクラン氏か約五十萬弗を投して建造せる、載貨吃水線に於ける長一五〇呎幅三三呎六吋吃水一八呎の大型帆裝快遊艇シーコール號は、進水後僅々三ヶ月にして船體に非常の腐蝕を生じ、遂に艤裝品屬具類を撤去し、船體を解體するの已むなきに至れり、其腐蝕の原因は海水に接する構造部分に於ける異種の金屬間に起れる電氣分解作用に基因するものなるか、斯の如きは此種の原因に依る損傷の記録中最も顯著なる實例なるを以て、エンジニアリースに取りては最も興味多き問題なり。

本快遊艇は註文主か遠洋航海を爲す目的を以て建造せるものにして、船底掃除の爲の乾船渠又は