

●シリーズ● 材料の素顔に迫る

私たちが日頃何げなく手にしたり、実は大変お世話になっていたりする身近な品物でも、使われている材料については意外に知らないことが多いものです。そんなありふれた品物をあえて科学的探究の対象にしてみることは、私たちが当たり前と思いついてきた技術の意味を一層深めることにつながるのかもしれない。そんな思いを込めて、当社相談役・邦武立即が身近な金属の素顔をシリーズで探究します。

身近な金属の
ミクロ組織を読む

第1回

弾むのか？ パチンコの玉はなぜ

●当社相談役

邦武立即



写真1 ●パチンコ玉の外観

●はじめに

日本全国でパチンコ店の数は約1万8千店、その年間売上高は17兆円にのぼるという(1992年度)。周辺の関連業界を含めると、その規模30~40兆円にのぼる巨大な産業である¹⁾²⁾。パチンコといえば、その象徴的な存在はパチンコ玉であろう。

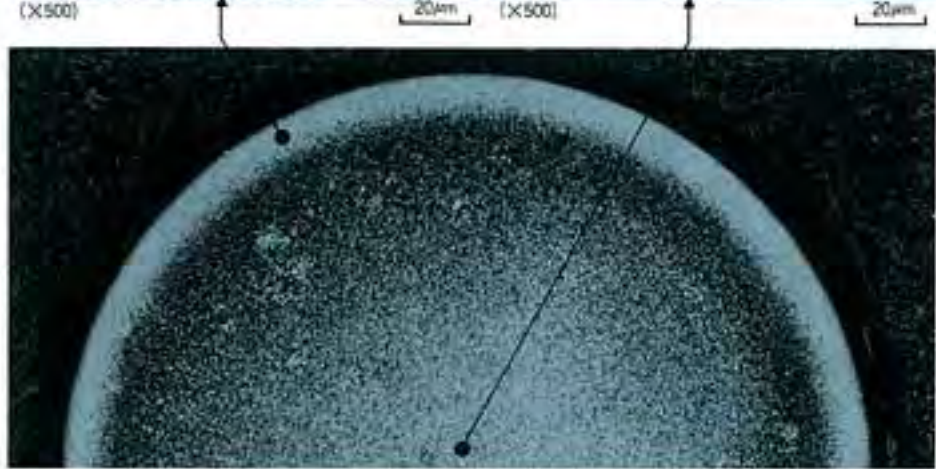
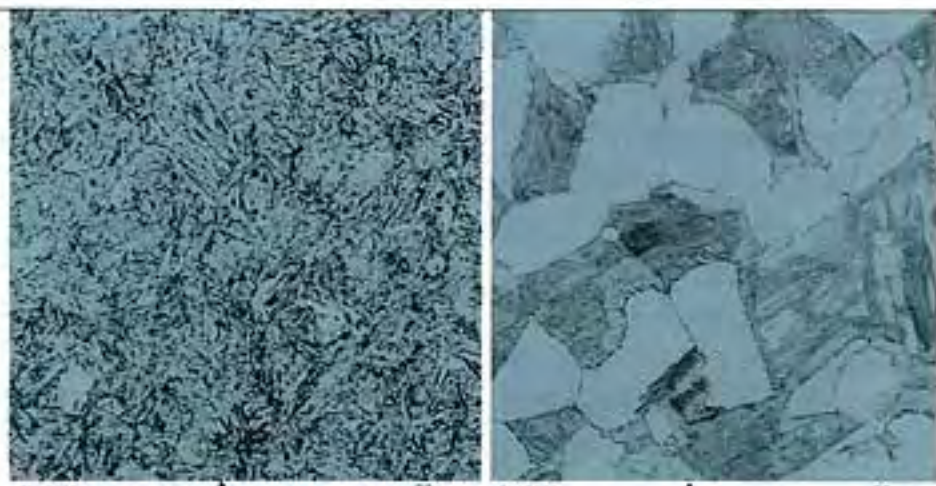


写真2 ●パチンコ玉断面の光学顕微鏡写真

●パチンコ玉の つくり方

パチンコ玉は、一般につきのような工程でつくられる。
①線材を材料として、
②適当な大きさに切断し、ピースにする。
③さらにダイスで球形に成形し、
④バリ取りした後、
⑤熱処理する(浸炭・焼入れ・焼もどし)。
⑥その後、研削・ラッピング、
⑦洗浄を経て、
⑧表面処理(めっき)して仕上げる。
成形は雌雄の金型の間で圧縮して球形に形づく。また、⑥の研削工程では、工具と工作物の間に砥石の粒を入れて、その摩擦作用で表面を平滑に仕上げる³⁾⁴⁾。

●パチンコ玉の 断面組織

さて、実際のパチンコ玉(写真1)の寸法と重量を測定するとつぎのような結果が出た。結構粒ぞろいである。

●寸法と重量(各10個について測定)

	直径(mm)	重さ(g)
A	11±0.01	5.45±0.01
B	11±0.01	5.465±0.005

つぎに、パチンコ玉の大円に沿って切断し、断面を光学顕微鏡で観察してみた。
表面近傍は、焼入れによって深さ0.5mm程度までマルテンサイト(注1)となっているが、それよりも深部では漸次フェライト(注2)量が増加した不完全焼入れ組織となっている。さらに深部では、粒の粗大化したフェライト+マルテンサイト組織となっている。表面から細粒部と粗粒部の境界までの深さは約1mmである。この部分が、断面において肉眼でも硬化層として識別できる層で、後述の浸炭層に相当している(写真2)。
さらに、EPMA(Q&A参

(注1)マルテンサイト：体心立方格子という結晶構造をとる鉄・炭素固溶体。鋼を焼き入れたときに得られる極めて硬い組織。
(注2)フェライト：体心立方格子という結晶構造をとる鉄・炭素固溶体。炭素の含有量は極めて低く、微細組織のなかでは一番軟らかい。

照)という分析装置を使って、断面の深さ方向の炭素濃度(C%)を測定してみた。あわせて硬さも測定した(図参照)。

炭素の分布曲線から、約1mm厚さまでの表面層は、0.2%程度の軟鋼に浸炭を施してC%を高めたことがうかがわれる。

また、最表面にはクロムめっき層の残存している部分がある。表面部はマルテンサイト組織であるが、その上に10分の数μm程度のクロムめっき層が観察される(写真3)。

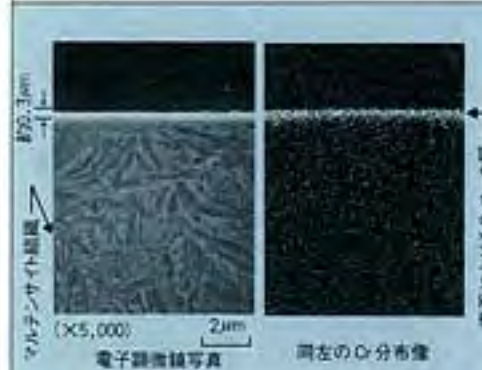


写真3 ●パチンコ玉表面近傍の電子顕微鏡(SEM)像

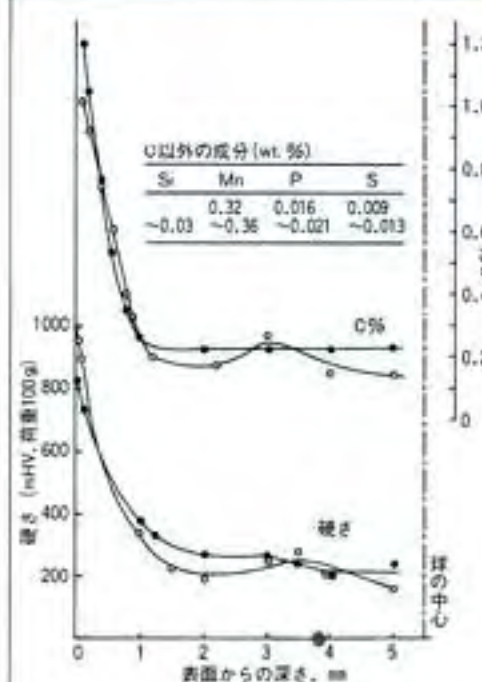


図 ●一深さ方向のC%および硬さの分布

●分析結果のまとめ

パチンコ玉は、0.2%程度の炭素含有量の軟鋼線を原材料として、球形に成形した後、浸炭を施して表面層約1mm厚さまでC%を高め、さらに焼入れによって硬化させ、最後に表面光沢と耐摩耗性を与えるためにクロムめっきを施している。このため表面はHV800以上の硬さを有し、耐摩耗性も高められている。しかし内部のC%は低いので結構靱性(しなやかさ)もある。

パチンコ玉をコンクリートなどの硬い床に落としたときボールの

【参考文献】

1)日本工業新聞 1993.3.30
2)AERA(朝日新聞社) 1992.10.20
3)解体新書1の巻(日刊工業新聞社) 1992.10
4)もの作り不思議百科(日本機械加工学会編・コロナ社) 1992

ように弾むのは、このような構造によるのである。

クロムめっきが表面のところにしか見られないのは、パチンコ店における日常の研磨手入れによって失われたものであろう。

●おわりに

パチンコ玉でも、浸炭・焼入れ・めっきと、ずいぶん手間をかけてつくられていることがわかる。ところで、玉1個の原価は約2.5円という。パチンコ1台につき数千個の玉が必要だとすると、全国1万8千店が各店舗平均100台をそろえているとしても、パチンコ玉だけで数百億円の市場となるのである。



元素の濃度分布 を測る

最近EPMAという言葉を知ったことはありませんか。これは、金属などの固体表面に、どんな元素が、どんな濃度で分布しているかを測るための装置で、非常に小さい領域(直径1ミクロンから可能)でも分析できるので、材料に微量に付着・混入した異物の検出や、腐食・割れなどの事故原因調査に威力を発揮するものです。今回はこのEPMAについてご紹介しましょう。

●EPMAってなに?

EPMAというのは、Electron Probe Micro-Analyzerの略で、日本語では「電子線マイクロアナライザー」と呼ばれています。電子線を試料に当て、そこから発生する特性X線(元素によって波長が決まっている)を検出して、特定元素の濃度分布をしらべる分析装置です。定性分析が中心ですが、ある程度定量的な分析もできます。試料に対する電子線の当て方(スキャンの仕方)によって、点、線、または面の分析方法があり、分析結果はグラフまたは



●EPMA装置を操作する仲西さん

写真(白黒/カラー)で出力されます。また、マッピング分析という方法を使えば、比較的大きな領域(50×50mm)の分析も可能です。

●粒界割れの原因 がわからない?

図を見てください。これはEPMAで割れ周辺の面分析をおこなった結果ですが、ステンレス鋼の粒界割れに沿って真鍮成分(銅)がはっきりと検出されました(白い部分)。まさに、割れの原因は真鍮が付着侵入してできるハンダ脆性割れだったのです。これによって、プロセスのどこかに真鍮が付着する箇所があり、それを探し出すことで事故原因を除去することが可能となったわけです。



●材料に付着した 異物はなんだろう?

電子部品の表面になんだか分からないが非常に微量の異物が付着(析出)している。このままでは品質問題になりかねない——。こんなときEPMAがお役に立ちます。EPMAは、非常に微小な領域でも、また重鉛などの目視にかけりにくい元素でも、たちどころに分析・特定することができ、異物の混入・析出原因除去に大きく役立つこと請け合いです。

●EPMAは他に どんなことができる?

たとえば、ボイラーチューブなどの過熱器管では、スケール(酸化物)の生成が起こります。そんなとき、チューブの腐食速度が心配です。そこで、スケールの付着したチューブ断面をEPMAで分析すれば、腐食の原因となる元素をたちまち判定、チューブの寿命診断にも一役買うことができます。このほか、EPMAはさまざまな場面で材料の品質向上、事故原因究明、調査研究に大きな力を発揮します。

話 T O P I C S 題

秋の学会発表、
今年は15件

秋は学会のシーズンです。当社においても、今秋は、住友金属あるいは委託を受けた会社との共同執筆を含めて15件の論文を、下記の学会で発表します。

学会名	発表数
日本鉄鋼協会	1件
日本セラミックス協会	2件
表面技術協会	2件
日本機械学会	4件
日本造船協会	2件
セラミックスの各種特性、長時間使用ボイラー材の脆化やクリープ損傷に関するもの、油井管継手の性能など多岐にわたっています。	5件

これらも各社と協力しながら知恵を絞って、お客様のお役に立つ試験・調査・研究を心掛けていきたいと考えています。