



船舶 & 海洋業界向け
表面改質ソリューション

ヘガネスの船舶向けソリューション

皮膜の重要な役割

船舶エンジン用途の部品は摩耗や腐食が生じやすい環境下で使用されるため、定期的な補修が必要となります。もしくは時間的制約から本来補修できる部品を新品と交換しています。

合金粉末を使用し皮膜/保護層を形成させることで製品寿命が延び、摩耗部の補修も可能となります。これはコスト削減やダウンタイム削減に大きく貢献する可能性をもっています。そのためにも使用粉末、プロセス、そして基材表面の処理方法を最適に選択する包括的な知識が必要不可欠となります。

ヘガネスは表面処理に最適となる幅広い粉末を取り揃えています。本カタログで紹介するものは、次の内容に特化しています。

- 先進的肉盛溶接技術
- プラズマトランスファーアーク溶接(PTAW)
- レーザークラディング
- 溶射
- ガネス粉末とサービス
- ヘガネス粉末種類クイックガイド



Photo courtesy of Roussakis SA, Greece

図1 シャフトへの肉盛溶接

先進的な肉盛技術

金属皮膜は皮膜作成時に生じた基材と皮膜間の冶金学的な影響をうけます。したがって工程、条件の管理、基材と皮膜との溶融を最小限にすることは重要な要素となります。これらを管理することで初めて皮膜に要求されている機能を持たせることが出来ます。

肉盛溶接法での有効皮膜厚は使用される手法に大きく依存しますが、必要な厚みと求めた金属組成は常に達成されなければなりません。通常、基材との溶融で生成した不要な合金や、その影響を避ける為に基材の過度な上昇を避ける必要があります。

なぜ先進的肉盛溶接技術を使用するのか？

MIG/GMAG、TIG、SAWといった一般的な肉盛溶接技術は現在も幅広く多くの業界で使用されていますが、特に製品への過度な熱量供給が問題とされ、これにより本来の特性や利点を損なうことがあります。

そこで、プラズマトランスファーアーク溶接(PTAW)やレーザークラディングといった先進的な肉盛溶接技術を使用することで生産性、補修能力、コスト削減、信頼性の向上が可能となります。

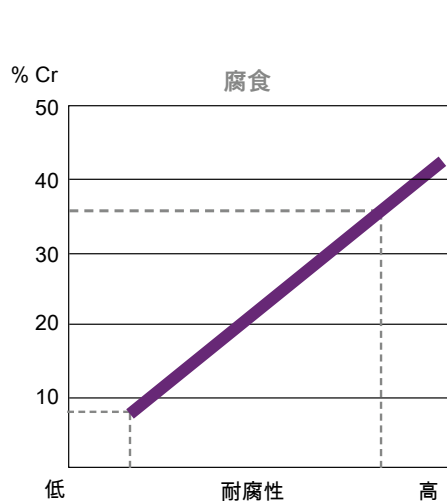


図2 Ni, Cr, Mo, Cuが耐食性を改善し、CとBは阻害する

摩耗と腐食

摩耗にはアブレイシブ摩耗や凝着摩耗、そして海水環境下で生じるエロージョン摩耗まで様々なものがあり、バルブとバルブシートで生じる金属間摩耗は数多くの中の一つに過ぎません。一般的にはこれら摩耗する部分の表面は補修期間を延ばす為にコーティングが行われます。このようなコーティングにおいて高い耐摩耗性が得られる材料を提供できるように、ヘガネスは摩耗研究部門を設け日々研究しています。

腐食を促す環境下で使用されるもの、例えば海水と接触するテールシャフトの場合、特別な耐久性が要求されます。優れた耐腐食性をもつ材料で作られ、欠陥や亀裂がなく空孔レスなコーティング層こそが腐食を最小限に抑えることが出来ます。図2には耐腐食性における合金への一般的な影響度を示しています。ピitting腐食は海水環境下で使用される際に特に重要視されます。図3にはCo基(2528-00)の特性を一般的なステンレス(316L)と比較したものを示しています。

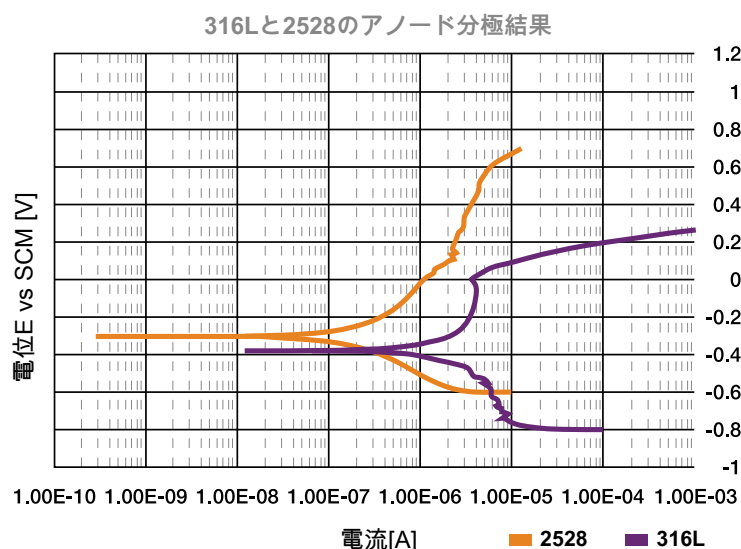


図3 レーザークラディングでの316Lと2528材の腐食結果

PTAW

PTAWは僅かな希釈率(約5~15%)で基材との金属接合が行える手法です。ここで必要な皮膜材や基材金属を溶かす熱量はプラズマの中のガス(20,000K)により供給されます。通常アルゴンガスが使用されるこのガスは、タングステン電極と水冷式銅ノズルの間に生じさせたアークの中を通し励起させます。

トーチと基材との間の電位差を使用し、励起されたガスは基材に向けて吹き付けられます。皮膜材となる粉末はプラズマガスで予熱され、ノズルと同軸で基材表面の熔融域に供給されます。シールドガスも熔融した金属を保護するために同方向で供給されます。



図4 船舶用バルブシート(左)とバルブ(右).



写真提供 Abanqobi Spares (南アフリカ)

用途

船舶用排気バルブスピンドル/バルブシート| コバルト基の肉盛合金とニッケル基の超合金はOEM部品製造、補修工場で広く使用されています。

船舶用バルブシート| 高温環境下での使用や金属間同士で密閉性が問われるバルブなど、高度な耐食性や耐摩耗性が求められる部品に使用されています。

パイプやポンプシステム部品| PTAWの特徴である基材との低希釈性がホットワイヤーTIG溶接より優れていることから代替手法として推奨されています。。

主な利点

- 高エネルギーの局所集中と基材への低熱量入力
- 内部応力低減、基材希釈率低減
- SAWと比較し水素使用量が少ない
- 安定した生産再現性
- CNCへの設置が容易
- 炭化物系サーメットと同様にコバルト基、ニッケル基、鉄基といった多様な材料の使用が可能

PTAWとレーザー クラッディング粉種

粉末グレード	粒子サイズ(μm)	C%	Co%	Cr%	Mn%	Si%	B%	Ni%	Mo%	Fe%	W%	他%
ニッケル基												
625	53-150	≤ 0.03	-	21.5	-	0.40	-	Bal.	9.0	1.4	-	Nb = 3.8
718	53-150	< 0.04	Max 1.0	18.0	-	Max 0.35	-	Bal.	3.0	19.0	-	Al = 0.3 Ti = 0.9 Nb = 5.1
1540-00	53-150	0.25	-	7.5	-	3.5	1.6	Bal.	-	2.5	-	-
1550-00	53-150	0.45	-	11.0	-	3.9	2.3	Bal.	-	2.9	-	-
コバルト基												
2528-00	53-150	0.25	Bal.	27.0	-	1.0	-	2.8	5.5	1.5	-	-
2537-00	53-150	1.1	Bal.	28.5	-	1.0	-	1.5	-	1.5	4.4	-
2537-10	53-150	1.3	Bal.	28.5	-	1.0	-	1.5	-	1.5	4.4	-
2541-00	53-150	1.4	Bal.	28.5	-	1.1	-	1.5	-	1.0	8.0	-
鉄基												
316L	53-150	≤ 0.03	-	17.0	1.5	0.8	-	12.0	2.5	Bal.	-	-
420S	53-150	0.25	-	13.0	1.2	0.5	-	<1.0	-	Bal.	-	-
410L	53-150	≤ 0.03	-	12.5	0.1	0.5	-	-	-	Bal.	-	-
3533-00	53-150	1.75	-	28.0	0.8	1.3	-	16.0	4.5	Bal.	-	-
3533-10	53-150	2.1	-	28.0	1.0	1.2	-	11.5	5.5	Bal.	-	-

レーザークラッディング

レーザークラッディングは、日々需要が高まっている手法で、入力熱量を細かく制御することにより最小の希釈率(5%以下)が達成できます。対象製品への入力熱量を最小に出来、溶接部の高品質と高効率化の両立が可能となります。ここでは基材や皮膜材の溶融に高出力レーザーが使用され、アークと比較し高エネルギーを局所集中で行えます。

出力エネルギーは、加熱ガスの対流や電磁力の発生による拡散もないことから局所的で小さな点に集中できます。皮膜材は事前に対象物に据え置き、溶融させることで皮膜層を形成させます。他の方法としては、溶融中に粉末を供給する方法もあります。

用途

シャフトやエンジン部品 | ゆがみを最小化できるこの手法ではプロペラシャフト、クランクシャフト、ポンプシャフト、カムシャフト、ピストンロッド、クロスヘッドピン等の重要部品への適用が可能です。

ターボ機械 | 低圧蒸気タービン翼の修理・補修で早く高いコスト効率をもった手法としてレーザークラッディング法が使用されています。

その他の部品 | 高価な鋳造性シリンダーカバーなどが補修出来、ポンプ羽根も最小限のコストと最低限の後加工で行えます。

レーザーの低希釈性により1層1mm厚でも目標の合金構成が得られます。それに対してMIG/GMAG手法は図5に示す通り3層8mm厚での皮膜が必要となります。

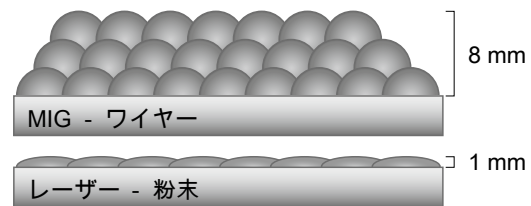


図5 レーザークラッディングはMIG/GMAGより皮膜積層後の厚みが小さく加工量が少なく済む。これはビードの形成や形状の違い、そしてオーバーラップ量から生じる。

主な利点

- 補修時のゆがみや内部応力が最少
- 薄膜肉盛りにも係わらず基材への希釈率(5%以下)が最小
- 溶接ビード形状と肉盛り厚のコントロールが容易
- 局所処理が可能
- 溶着速度が12kg/h以上
- 基材と肉盛材との融合が良好
- 優れた機械的特性

粉末種類	硬度 HRC	硬度 HV ₃₀	溶融域 (°C)	熱膨張係数 (10 ⁻⁶ /°C)	流動度(FH) (sec/50g)	密度 (g/cm ³)	推奨用途 / 特性 / 備考
ニッケル基							
625		200*	1290-1350	15.6 (20-800°C)	14.2	8.4	IN 625 ¹⁾
718		240*	1200-1300	16.0 (25-800°C)	15.5	-	IN 718 ¹⁾
1540-00	40*		1010-1140	14.4 (25-600°C)	15.4	8.1	
1550-00	52*		1000-1110	13.6 (20-600°C)	15.4	7.9	
コバルト基							
2528-00		340*	1185-1385	15.6 (20-800°C)	15.7	8.3	Stellite 21 ²⁾
2537-00	41*	480	1285-1375	15.6 (20-800°C)	15.8	8.3	Stellite 6 ²⁾
2537-10	43*		1285-1375	15.6 (20-800°C)	15.8	8.3	Stellite 6 ²⁾
2541-00	44*		1280-1315	15.2 (20-800°C)	16.4	8.5	Stellite 12 ²⁾
鉄基							
316L		160*	1375-1430	19.5 (20-800°C)	16.4	7.9	316L ³⁾
420S	55*			-	-	-	
410L		220*	1480-1530	-	14.5	-	410L ³⁾
3533-00	33*		1220-1320	-	15.0	7.8	
3533-10	42*		-	16.1 (25-800°C)	14.8	7.7	

* PTAWでの値

溶射

溶射とは皮膜材を溶かし、基材に対して高速で吹き付けることで皮膜を形成させる手法です。船舶業界での多くの製品は下記に示す技術を使用し補修しています。

フレイム溶射

皮膜となる材料を軟化させるエネルギーを水素やアセチレン、プロパン、天然ガスといった燃焼ガスで用いるのがフレイム溶射です。このフレイム溶射では半溶解の粒子が衝撃により潰され平らになり、基材との結合は機械的結合で行われます。

基材との高密度かつ強固な結合を得る為に、一般的にはフュージングを行います。これはガストーチを使用し約1000°Cのフレイムで行う方法や、管理雰囲気炉中の熱で行う方法があります。

用途

- ベアリングジャーナルやロータシャフトのシーリング部での様々な部品の補修で使用。

プラズマ溶射

この手法はフレイム溶射と似た技術要素を含んでいます。違いは電氣的に励起された高速且つ高温のプラズマ(約15,000K)を熱源として使用することです。これにより高密度の皮膜(95-98%)が可能となり、粉末生成率は2~8kg/h、皮膜厚み0.1~2.5mmとなります。

高速フレイム溶射(HVOF)

HVOFは高速ガスを使用した溶射の一つです。専用に設計されたノズルの中で急激なガス膨張を発生させるために燃料と酸素を燃焼させます。粉末はフレイムを通して約マッハ5の速度に加速されます。多くのHVOFシステムでは粉末はフレイム中に極短時間しか通過せず、熔融しません。

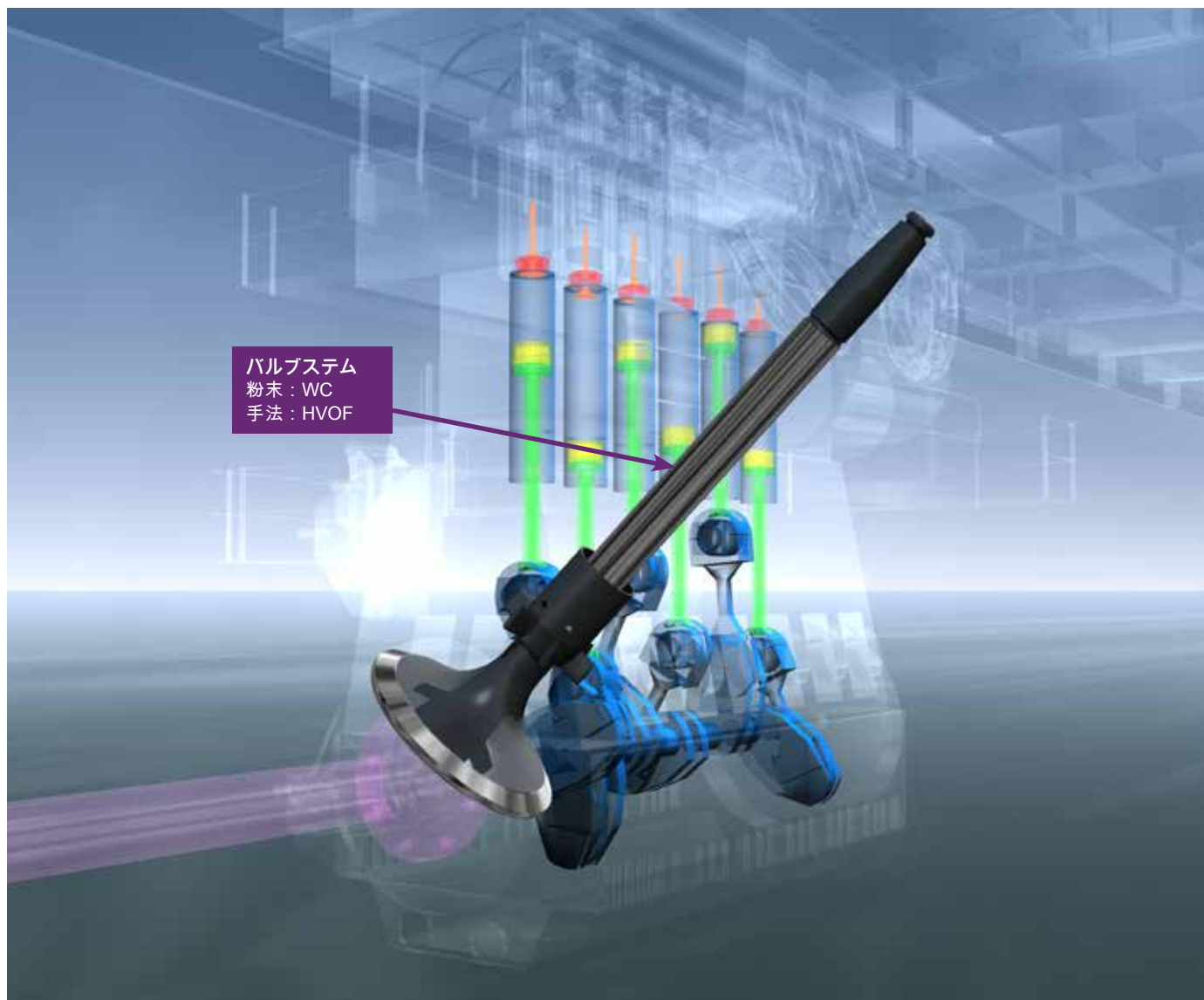
そのため、粉末の熔融は粉末が基材に衝突するときの可塑性によって補われます。この特性は、特にカーバイド系サーメットを使用する際に、カーバイドを融点以下のまま、その本来の特性を損なわないようにする為に利用されます。基材との衝突速度は高速であることから、高密度(0.5%以下の空孔率)が達成でき、優れた付着性、耐摩耗、耐食特性の皮膜を形成することが出来ます。

用途

- 油圧式ピストンロッド
- 2ストロークエンジンのピストンロッド
- 排気バルブシステム

プラズマ溶射、高速フレイム溶射用

粉末種類	粒径 μm	C%	Co%	Cr%	Mn%	Si%	B%	Ni%	Mo%	Fe%	W%	他%
ニッケル基												
1660-02	20-53	0.75	-	14.8	-	4.3	3.1	Bal.	-	3.7	-	-
1660-02+WC	20-53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
コバルト基												
2628-02	20-53	0.25	Bal.	27.0	-	0.9	-	2.5	5.5	1.5	-	-
2637-02	20-53	1.1	Bal.	28.5	-	1.0	-	1.5	-	1.5	4.4	-
鉄基												
316L	20-53	≤ 0.03	-	17.0	1.5	0.8	-	12.0	2.5	Bal.	-	-
3650-02	20-53	1.75	-	28.0	0.8	1.3	-	16.0	4.5	Bal.	-	-



バルブステム
粉末: WC
手法: HVOF

粉末種類	硬度 HRC HV ₃₀	熔融温度域 (°C)	流動度(FH) (sec/50g)	密度 (g/cm ³)	推奨用途 / 特性 / 備考
ニッケル基					
1660-02	780*	970-1200	12.6	7.7	
1660-02+WC		-	-	-	
コバルト基					
2628-02	300**	1185-1385	11.5	-	Stellite 21 ²⁾
2637-02	380*	1275-1375	11.6	-	Stellite 6 ²⁾
鉄基					
316L	160**	1275-1430	13.0	7.9	316L ³⁾
3650-02	500**	1220-1320	13.1	7.8	

* 参考値

** 測定値

ヘガネス粉末

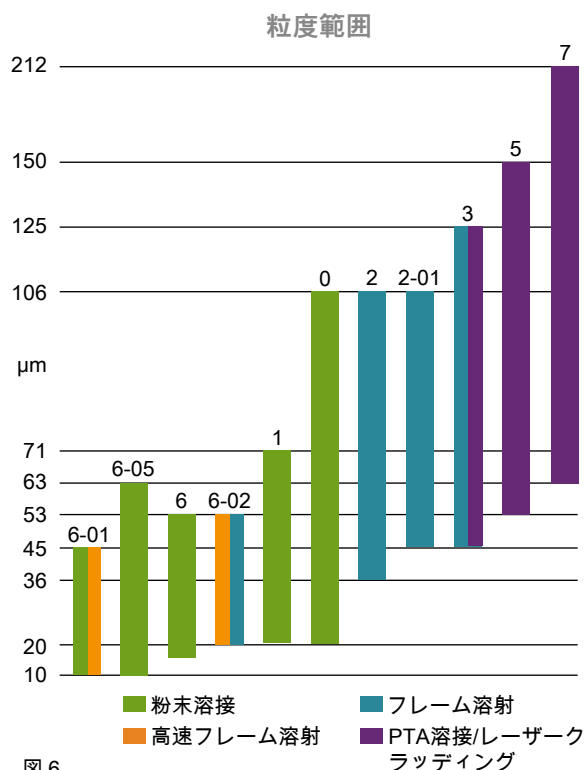
肉盛溶接及び溶射用

ヘガネスでは船舶及び海洋業界用途で必要とされている粉末だけでなく、実績ある幅広い金属材料を製造しています。これらの材料はすべての装置で利用出来るように粉末粒径、粒度幅を取り揃えています。

合金組成、硬さなどを正しく選択するだけでなく、正しい粒度幅を選択することもとても重要な要素です。そのためにヘガネスの粉末は7つの粒度幅を設定しています。(図6参照)

粉末の選択

Classification Society (船級協会) 規則によりそれぞれの用途で最適となる材料を規定しています。これらの推奨を元に使用材料をP11の通りに分類しています。



推奨保管要綱

- 保管中はボトル容器の蓋を必ずきつく締めてください。
- 使用後はすぐに蓋を閉めてください。
- ボトル容器は清潔で乾燥した場所に保管してください。
- 保管時の推奨最適温度は15～25℃です。

重要事項

使用する前に必ずボトルを振ってください。保管時の急激な温度変化や大きな温度差は、ボトル蓋がしっかり締められていても、ボトル内部に水滴を発生させることがあります。

もし何らかの理由により粉末の水分量が増加した場合、乾燥により減少させることが可能です。乾燥は80℃（最大100℃）で1時間必要であり、可能なら掻き混ぜながら行ってください。

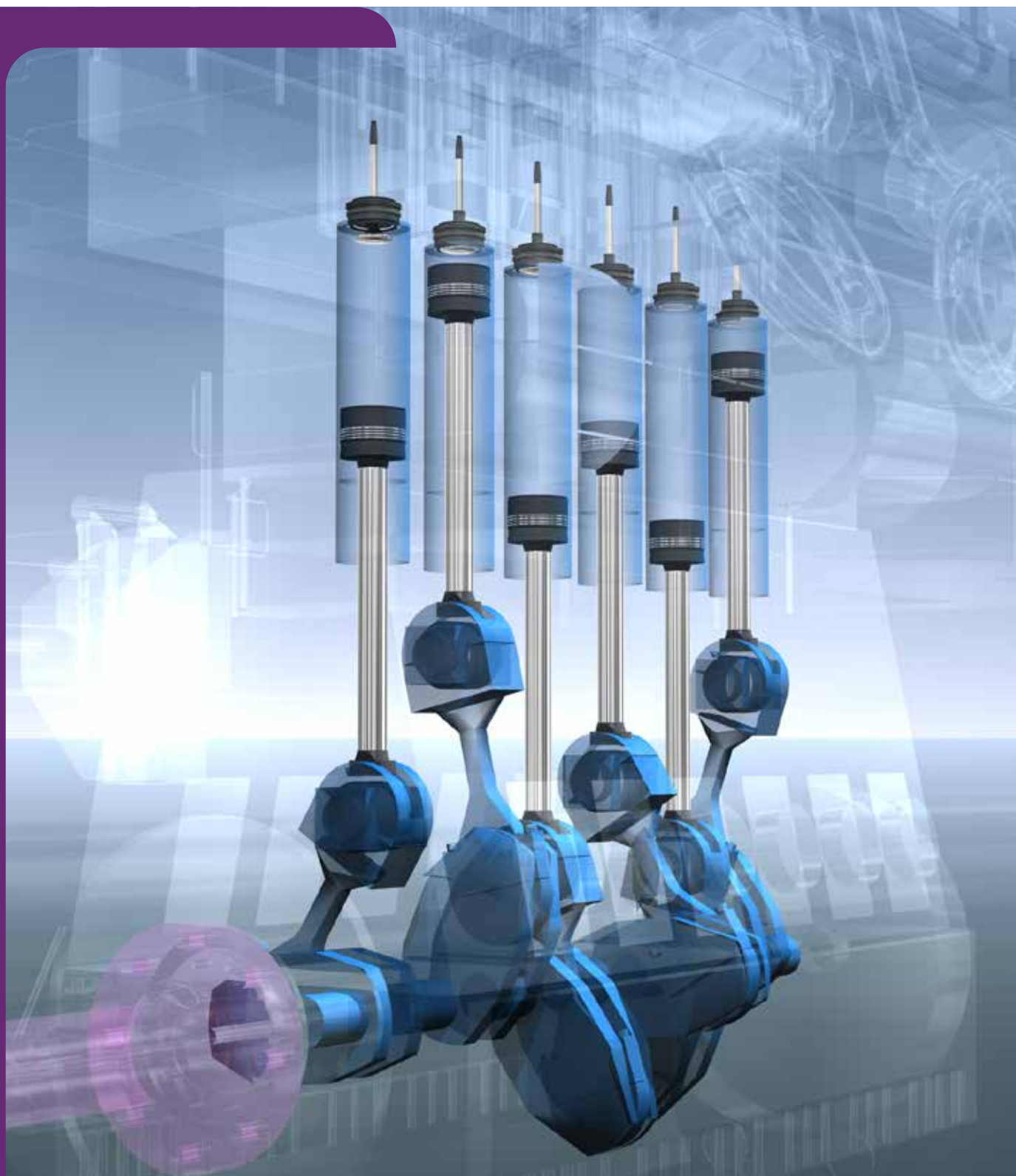
特殊サービス

レーザークラッディングにおいて個別コンサルト、設備選択や使用方法、スタッフ研修が必要な場合にはご相談下さい。

Classification Societies（船級協会）が機械試験用評価見本として溶接試験片を要求する場合があります。ヘガネスより評価見本を提供できますので、ご相談下さい。

粉末呼称方
1 6 20 - 1 1
A B C - D E
A: ベース金属
1 = ニッケル(Ni)
2 = コバルト(Co)
3 = 鉄(Fe)
4 = タングステン カーバイト(WC)
B: 標準粒度幅
0 = 20 - 106 μm
1 = 20 - 71 μm
2 = 36 - 106 μm
3 = 45 - 125 μm
5 = 53 - 150 μm
6 = 15 - 53 μm
7 = 63 - 212 μm
C: 平均硬さ
ロックウェルC
D: 化学成分
1-9 = 非標準仕様
E: 粒度範囲
1-9 = 非標準仕様

補足
1) Inco Corp. 登録商標
2) Kennametal Stellite 登録商標
3) A.I.S.I. 基準
4) 球状粉
5) 高速フレイム溶射用粒度



船舶用エンジン概略図

ヘガネス粉末種類 クイックガイド

船舶用及び海洋業界用途

粉末種類	一般硬度 HRC	一般硬度 HV ₃₀	手法	部品	用途
1550-00	52		PTAW または レーザークラッ ディング		排気側バルブのシート部位
2537-00	41				
2537-10	43				
2541-00	44				
718		240			
316L		160			
625		200			バルブ底部表面
1660-02 +WC	-	-	HVOF		バルブステム
2537-00	41		PTAW または レーザークラッ ディング		バルブシート
420S	55				
316L		160			
410L		220			
410L		220	PTAW または レーザークラッ ディング		バルブケージ
2537-00	41				
2528-00		340	レーザークラッ ディング		ターボローター
410L		220			
3533-10	42		レーザークラッ ディング		油圧式ピストンロッド 耐食要求内容による 2ストロークエンジン ピストンロッド
625		200			
420S	55				
625		200	PTAW または レーザークラッ ディング		中間シャフト
3533-00	33				
316L		160			
410L		220			
1540-00 ^a	40		レーザークラッ ディング		ピストン ヘッド ピストン リング溝 a) 4ストロークエンジン b) 2ストロークエンジン
2537-00 ^b	41				

特定部品での要求設備

www.hoganathermalspray.com

Power of Powder®

金属粉の技術は、新しい可能性の世界を拓くパワーを持っています。金属粉が元々有する特性により、ご要求特性に合わせた最適でユニークな解決策を提供する事が出来ます。私達はこの事を「Power of Powder」と称し、金属粉の応用範囲を継続的に拡大と成長を図るコンセプトとしています。

ヘガネスは、この金属粉の技術における指導的立場に基づき、お客様のパートナーとしてこれら金属粉の有するあらゆる可能性を提供し、完璧なサポートを提供致します。

「Power of Powder」は、古くから自動車用焼結部品の製造に貢献しています。食品等への鉄粉添加で貧血症の撲滅にも貢献しています。ニッケル粉は、バルブのコーティングに使用され、耐磨耗性を向上する重要な役割を果たしています。新しい鉄ベースの粉体材料で、高温口ウ付けも可能になりました。絶縁被覆処理をした鉄粉が可能にした三次元磁気回路により、電動モータの小型化も可能になりました。

金属粉の可能性は、事実上無限です。

「Power of Powder」= 金属粉固有の力を如何に応用して行くか、世界に展開するヘガネスグループ最寄りの窓口へ是非ご相談下さい。



www.hoganas.com/Japan | www.hoganasthermalspray.com

Sweden	Höganäs AB Höganäs Phone +46 42 33 80 00 info@hoganas.com
Brazil	Höganäs Brasil Ltda Mogi das Cruzes Phone +55 11 4793 7711 brazil@hoganas.com
China	Höganäs (China) Co. Ltd Shanghai Phone +86 21 670 010 00 china@hoganas.com
France	Höganäs France S.A.S. Villefranche-sur-Saône Cedex Phone +33 474 02 97 50 france@hoganas.com
Germany	Höganäs GmbH Düsseldorf Phone +49 211 99 17 80 germany@hoganas.com
India	Höganäs India Pvt Ltd Pune Phone +91 20 66 03 01 71 india@hoganas.com
Italy	Höganäs Italia S.r.l. Rapallo (Genoa) Phone +39 0185 23 00 33 italy@hoganas.com
Japan	Höganäs Japan K.K. Tokyo Phone +81 3 3582 8280 japan@hoganas.com
Rep. of Korea	Höganäs Korea Ltd Seoul Phone +82 2 511 43 44 korea@hoganas.com
Russia	Höganäs East Europe LLC Saint Petersburg Phone +7 812 334 25 42 russia@hoganas.com
Spain	Höganäs Ibérica S.A. Madrid Phone +34 91 708 05 95 spain@hoganas.com
Taiwan	Höganäs Taiwan Ltd Taipei Phone +886 2 2543 1618 taiwan@hoganas.com
United Kingdom	Höganäs (Great Britain) Ltd Tonbridge, Kent Phone +44 1732 377 726 uk@hoganas.com
United States	North American Höganäs, Inc. Hollsopple: PA Phone +1 814 479 3500 info@nah.com