

プレコートボルト・新水性メック加工 (アクリルタイプ、エポキシタイプ)

はじめに

プレコートボルトメック加工は、反応性樹脂等をマイクロカプセルに封入し、これをボルト、ビス、プラグ、パイプ等のねじ面に塗布加工することによって、シール、ロック、潤滑等の機能を付与する技術です。メック加工は嫌気性接着剤とともに広くねじ部品に使われていますが、あらかじめ接着剤がねじ面に塗布加工されているため、作業性に優れる、塗布忘れを防止できる等の有用な工法として長く産業界で実績のある技術です。

通常メック加工では、マイクロカプセルをねじ面に塗布加工する工程において有機溶剤や水を溶媒に使用します。スリーボンドでは、有機溶剤に関してはREACH規制や、VOC規制の観点から使用制限が高まる傾向にあるため、水性タイプの検討、商品化を行ってきました。水性技術は加工したねじ部品に対する機能面の技術としては確立されていますが、とりわけねじ面に塗布加工する工程に負荷がかかったり、組成上の制約を受けやすかったり有機溶剤系と比べるとまだ完全ではなく、トータルで十分な性能を満足したものが望まれていました。

そこで、本誌では従来の水性型メックの課題を解決し、溶剤型メックと同等以上の性能を有する新水性型メックを紹介します。

以下、ThreeBondをTBと略す

目次	次
はじめに.....	1
1.背景.....	2
1-1 REACH規制	2
1-2 VOC規制	2
2.メック加工	2
3.メック加工・アクリルタイプ	2
3-1 溶剤型アクリルメック (TB2411、TB2403等)	2
3-2 従来の水性型アクリルメック (TB2457、TB2475)	2
3-3 新水性型アクリルメック (TB2458、TB2468、TB2478)	3
4.メック加工・エポキシタイプ	4
4-1 溶剤型エポキシメック (TB2430、TB2440B)	4
4-2 従来の水性型エポキシメック (TB2446、TB2446B)	4
4-3 新水性型エポキシメック (TB2448、TB2448B)	4
おわりに.....	8

1.背景

1-1 REACH規制

欧州連合(EU)では化学物質により引き起こされる危険から人の健康と環境を保護することを目的に、2007年6月1日より化学物質登録規制(REACH:Registration,Evaluation,Authorization and Restriction of Chemicals)の運用が開始されました。特に一定以上の発ガン性、変異原性、生殖毒性物質など、環境や人への深刻な影響を及ぼす、高懸念の有害物質を持つ物質についてはSVHC(高懸念物質:Substance of very high concern)として規制されており、2011年12月19日までに73物質がSVHCとして特定されています。

さらに有機溶剤の中には第3次SVHC(高懸念物質)の候補物質として公表され、認可対象物質に記載すべきとする物質もあり、有機溶剤の規制がより強化されて行く傾向にあります。

1-2 VOC規制

VOC(volatile organic compounds)とは、揮発性を有し、大気中で気体状となる有機化合物の総称です。トルエン、キシレン、酢酸エチルなど多種多様な物質が含まれ、塗料、接着剤、溶剤及びインク等に多く使われています。VOCは、光化学オキシダントや呼吸器に悪影響を及ぼす浮遊粒子状物質(SPM:Suspended Particulate Matter)の原因物質といわれています。

このVOCの排出を抑制するため、平成16年5月に大気汚染防止法の改正が、平成17年5月、6月に大気汚染防止法施行令(政令)、大気汚染防止法施行規則(省令)が改正され、平成18年4月よりVOCの排出規制が始まっています。

直接VOCが削減されるのはスリーボンドグループのプレコートボルト加工工場ですが、大気汚染防止法 第十七条の十五では「(略)製品の購入に当たって揮発性有機化合物の使用量の少ない製品を選択すること等により揮発性有機化合物の排出又は飛散の抑制を促進するよう努めなければならない。」とされています。

2.メック加工

メック加工技術の概要は、ボルト等のねじ面に接着剤成分等を乾燥皮膜の状態にして塗布加工したも

のです。この目的を達成するために、通常反応性の接着剤成分の一部あるいは複数マイクロカプセル化する技術を応用しています。これによって、メック加工品を締め込まなければマイクロカプセル化された接着剤成分は安定ですが、締め込むことにより、その時のせん断力等によってマイクロカプセルが破壊して接着剤成分がにじみ出し、硬化剤等と混合されます。そして、重合反応を起こして強固に固着しねじ部の緩み・洩れを防止します。スリーボンドのメック加工では主成分の分類からアクリルタイプとエポキシタイプを商品化しています。

3.メック加工・アクリルタイプ

3-1 溶剤型アクリルメック(TB2411、TB2403等)

溶剤型アクリルメックは、主成分であるアクリルモノマー等を内包したマイクロカプセルとバインダー、充填剤等により構成されています。溶剤型アクリルメックに使用しているマイクロカプセルは、壁膜主成分にゼラチンを使用し、マイクロカプセル化技術としてコアセルベーション法(水溶液系からの相分離法)を用いて製造しています。

ゼラチンの一般特性は、マイクロカプセルの壁膜強度が高く、メック加工後のねじ面乾燥皮膜が安定するというメリットがあります。また、広範囲の粒径を製造できるために幅広いサイズのねじ部品に使用することが可能です。さらにアクリルモノマーと壁膜量の調整によって、ねじ締め込み時に接着剤の余剰分がはみだす「カス」を少なくする効果も期待できます。

一方で、ゼラチンには水中で膨潤しやすく耐湿性に弱点があり、水性溶媒に用いることは困難でした。

3-2 従来の水性型アクリルメック(TB2457、TB2475)

スリーボンドでは1998年頃より希釈溶媒に水を使用した水性型アクリルメックを販売しています。この水性型アクリルメックは、主成分であるアクリルモノマーを特殊な形で水中に分散させる技術と新規なマイクロカプセルを応用した商品になります。この商品により環境への対応、安全性、取扱い性等の利点があります。

従来の商品は特殊な配合技術を用いていることから乾燥皮膜が比較的軟らかく、外観が傷みやすいという弱点がありました。外観が傷んでしまうとボルト等を締め込んだ際に塗膜が剥がれてしまうことが懸

念されるため、使用する際に丁寧に取り扱い頂く必要があります。

これらの問題点を解決するために、溶剤型アクリルメックと同様の方法でご使用いただける水性メック加工が望まれており、マイクロカプセル化の技術改良を中心に開発を行ってきました。

3-3 新水性型アクリルメック(TB2458、TB2468、TB2478)

新水性型アクリルメックは、新たに開発された特殊合成樹脂を用いたマイクロカプセルを使用することで溶剤型アクリルメックと同様の構成成分とした商品を検討することができます。このマイクロカプセルは耐湿性に優れているため、希釈溶媒が水であっても使用することが可能です。

従来からある合成樹脂マイクロカプセルは壁膜の物性としては脆くカプセルとしての安定性や、幅広いサイズのねじ部品（特に大粒径のカプセル化）に使用することに懸念点がありました。この問題点を解決するためにマイクロカプセルに特殊な方法で柔軟性を付与する改良を施し、新たなマイクロカプセル化技術の開発に至りました。またマイクロカプセル以外の硬化剤、バインダー、充填剤の配合技術（図-1）や、ねじ部品への塗布加工工程を検討することにより、溶剤型アクリルメックや従来の水性型アクリルメックの問題点を解決し、尚かつ同等以上の性能を有した商品化に至りました。

商品ラインナップ（表-1）としては低強度TB2458、中強度TB2468、高強度TB2478という硬化後の固着力が異なるタイプが揃っています。

また、マイクロカプセルについてはカプセル壁膜

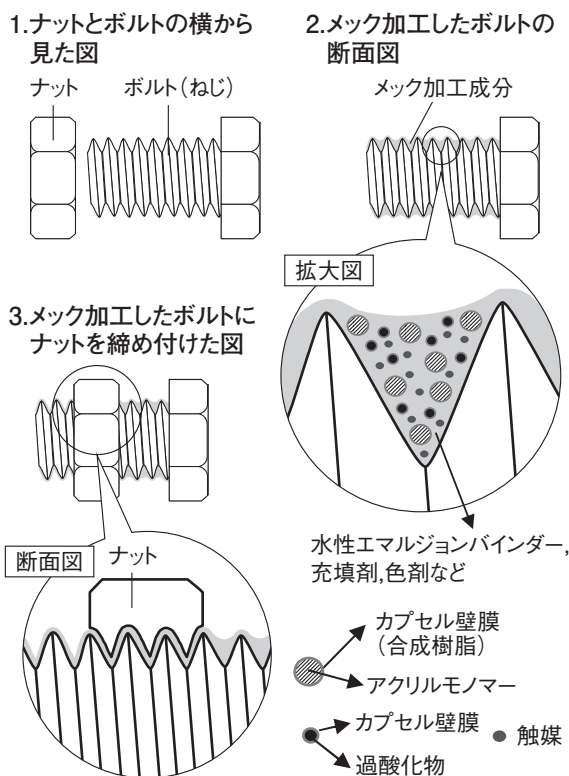


図-1 新水性型アクリルメックの構成

へ合成樹脂を有用に用いることが可能になったため、ねじ部品を締め込んだ際のカスに関してほぼ生成しないグレードもあります。

どのタイプもこれまでの溶剤型アクリルメックと同等以上の各種特性が得られており、幅広いねじ部品への使用が可能です。

●保存安定性

改良された合成樹脂マイクロカプセルを用い、アクリルモノマーと過酸化物を個々にカプセル化することにより保存安定性は従来品を凌ぐ商

表-1 新水性型アクリルメックの商品ラインナップ

項目	TB2458	TB2468	TB2478
主成分	メタアクリル酸エステル	メタアクリル酸エステル	メタアクリル酸エステル
外観	緑	赤	青
固着力 ^{※1}	39N・m	45N・m	52N・m
耐熱限界温度	ロック ^{※2}	100℃	130℃
	シール ^{※3}	170℃	170℃
硬化速度 (20~25℃)	実用強度 ^{※4}	30分~1時間	30分~1時間
	最終強度	6時間	6時間
適用ねじ最小径	M3	M3	M3

※1 JIS 2級 M10×P1.5 亜鉛めっきクロメート処理 六角ボルト・ナット
締付トルク:30N・m、硬化条件:25℃×24時間

※2 締付トルク以上の固着力が得られる温度
JIS 2級 M10×P1.5 亜鉛めっきクロメート処理 六角ボルト・ナット
締付トルク:30N・m、硬化条件:25℃×24時間

※3 圧力:10MPaにて漏れなき温度
JIS 2級 M10×P1.5 亜鉛めっきクロメート処理 六角ボルト・ナット
鉄生地雌ねじ加工ワーク、締付トルク:30N・m、硬化条件:25℃×24時間
シール媒体:タービン油

※4 最終強度の1/2以上の固着力が得られる時間

品になっています。下図(図-2)のように一般的な環境より厳しい高温高湿下に保管した場合でも、長期間安定した固着力を保持しています。

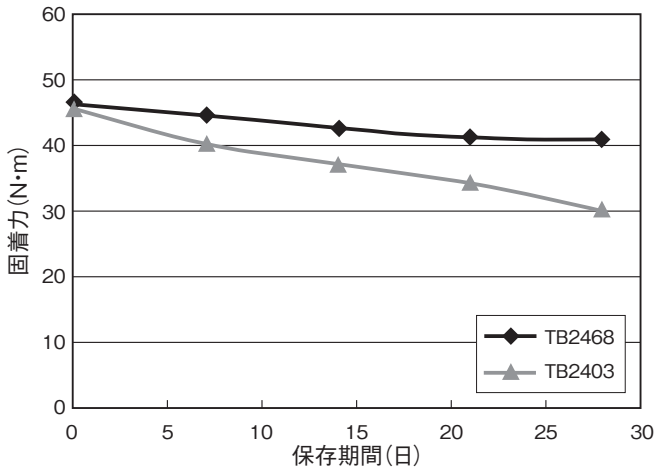


図-2 アクリルメックの保存安定性

試験方法 : プレコートボルトを40°C×95%RH雰囲気下に保管し所定時間経過後に取り出し、室温まで冷却し固着力を測定する。

試験片 : JIS 2級 M10×P1.5 亜鉛めっきクロメート処理六角ボルト・ナット

締付トルク : 30N・m 硬化条件:25°C×24時間

●軸力特性

メック加工されたボルトは、ボルト部の「弛み」と「漏れ」を防ぐ特性を付加させています。下図(図-3)に示しますように、無塗布のボルトとメック加工されたボルトを比較するとメック加工されたボルトは、軸力が高く強い締結力が得られます。また、従来品と同傾向の軸力特性であり、仮に切り換えを検討いただく際にも締付トルク管理の大きな変更は必要ないと考えられます。

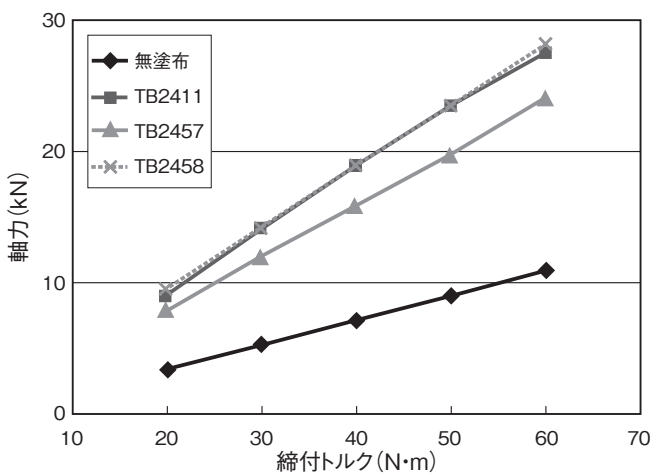


図-3 アクリルメックの軸力特性

試験方法 : プレコートボルトをねじ締付試験機にて各締付トルクに対する軸力を測定する。

試験片 : JIS 2級 M10×P1.5 亜鉛めっきクロメート処理六角ボルト・ナット

試験機 : 日本計測システム(株)製 ねじ締付試験機 NST-500NM

●耐熱耐久性

120°C下において、安定した固着力特性を維持しています(図-4)。

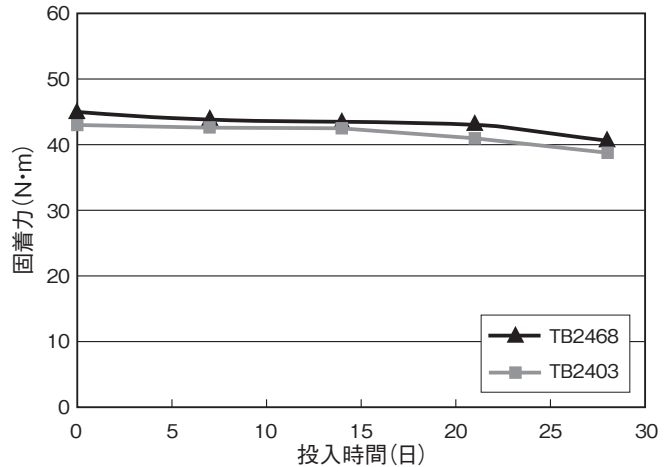


図-4 アクリルメックの熱劣化特性

試験方法 : プレコートボルトを締め付け、硬化後に120°C下に投入し、所定時間経過後に取り出し、室温まで冷却し固着力を測定する。

試験片 : JIS 2級 M10×P1.5 亜鉛めっきクロメート処理六角ボルト・ナット

締付トルク : 30N・m

硬化条件 : 25°C×24時間

4.メック加工・エポキシタイプ

4-1 溶剤型エポキシメック (TB2430、TB2440B)

溶剤型エポキシメックは、主成分であるエポキシ樹脂本剤を内包したマイクロカプセルとアミン系硬化剤、バインダー、充填剤等により構成されています。エポキシメックは、アクリルメックと比較して耐熱・耐薬品性に優れている反面、硬化速度が遅いという欠点があります。

溶剤型エポキシメックに使用しているマイクロカプセルの壁膜には、主成分に合成樹脂を使用しています。この手法を用いて、アクリルメックに使用しているカプセルよりも粒径を小さくすることが可能で小ビス等への対応をしています。

これらの、溶剤型エポキシメックにも前述同様に溶媒に有機溶剤を使用していることから環境への対応をする必要がありました。

4-2 従来の水性型エポキシメック (TB2446、TB2446B)

溶剤型エポキシメックが希釈溶媒に有機溶剤を使用している課題を解決するために、特殊な配合技術

表-2 エポキシメックの商品ラインナップ

項目	TB2430	TB2448	TB2440B	TB2448B
主成分	エポキシ樹脂	エポキシ樹脂	エポキシ樹脂	エポキシ樹脂
希釈溶媒	有機溶剤	水	有機溶剤	水
外観	青	青	橙	橙
固着力 ^{※1}	70N・m	70N・m	64N・m	70N・m
耐熱限界温度	ロック ^{※2}	120°C	150°C	160°C
	シール ^{※3}	170°C	170°C	170°C
硬化速度 (20~25°C)	実用強度 ^{※4}	30分~1時間	30分~1時間	15~30時間
	最終強度	24時間	24時間	72時間
適用ねじ最小径	M2	M2	M2	M2

※1 JIS 2級 M10×P1.5 亜鉛めっきクロメート処理 六角ボルト・ナット
縮付トルク:30N・m
硬化条件:25°C×24時間(TB2448、TB2448B)
25°C×48時間(TB2430)
25°C×72時間(TB2440B)

※2 縮付トルク以上の固着力が得られる温度
JIS 2級 M10×P1.5 亜鉛めっきクロメート処理 六角ボルト・ナット
縮付トルク:30N・m
硬化条件:25°C×24時間(TB2448、TB2448B)
25°C×48時間(TB2430)
25°C×72時間(TB2440B)

※3 圧力:10MPaにて漏れなき温度
JIS 2級 M10×P1.5 亜鉛めっきクロメート処理 六角ボルト・ナット
鉄生地雌ねじ加エワーク、縮付トルク:30N・m
シール媒体:タービン油
硬化条件:25°C×24時間(TB2448、TB2448B)
25°C×48時間(TB2430)
25°C×72時間(TB2440B)

※4 最終強度の1/2以上の固着力が得られる時間

を用いて、水性型エポキシメックを開発を行ってきました。基本構成は、溶剤型エポキシメックと同様に、エポキシ樹脂本剤を内包したマイクロカプセルとアミン硬化剤、バインダー、充填剤等により構成されており、耐熱・耐薬品性等の基本物性は、溶剤型エポキシメックと同等であります。

一方で従来の水性型エポキシメックでは、配合的な制約から、硬化速度の課題が残っていました。

4-3 新水性型エポキシメック (TB2448、TB2448B)

新水性エポキシメックは、特殊な技術改良によってマイクロカプセルの合成樹脂壁膜の緻密性をより向上させることが可能になりました。またエポキシ樹脂本剤と硬化剤を個々にマイクロカプセル化したことによって、固着力発現が速く、保存性の良い商品を可能にしました(表-2)。

●TB2448、TB2448B基本構成

新規水性型エポキシメックの構成を下図に示します(図-5)。

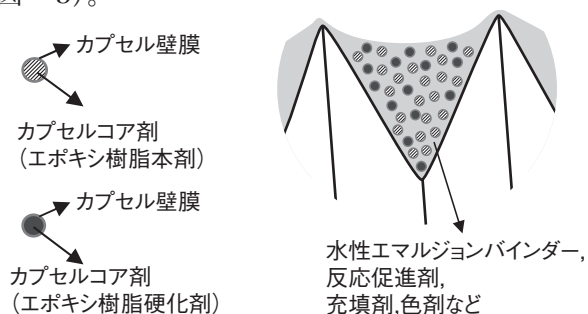


図-5 新水性型エポキシメックの構成

●硬化速度

今回開発しました新規水性型エポキシメックは、従来の硬化剤成分とは異なる成分のカプセル化に成功したため、従来品を凌ぎ、新水性型アクリルメックと比べても同程度の硬化速度を有しています。

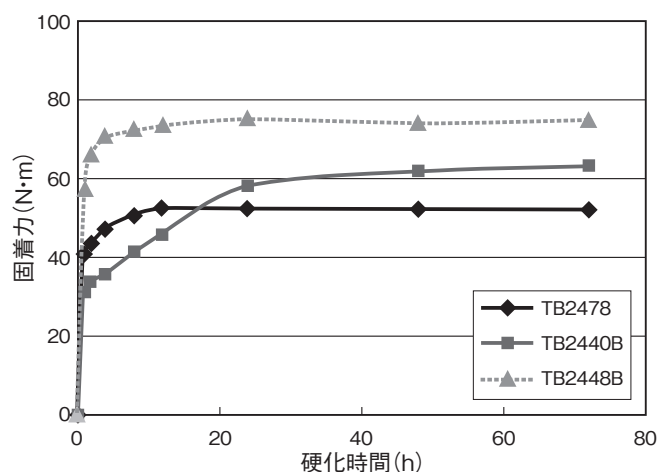


図-6 エポキシメックの硬化速度

試験方法 : プレコートボルトを25°C雰囲気下で縮付後、時間経過に伴い固着力を測定する。

試験片 : JIS 2級 M10×P1.5 亜鉛めっきクロメート処理六角ボルト・ナット

縮付トルク : 30N・m

●保存安定性

新水性型エポキシメックは新規に開発した緻密性の高い合成樹脂を壁膜として使用しているため、一般的な環境より厳しい環境である高温高湿下に保管

した場合でも、固着力の低下が小さく抑えられています (図-7)。

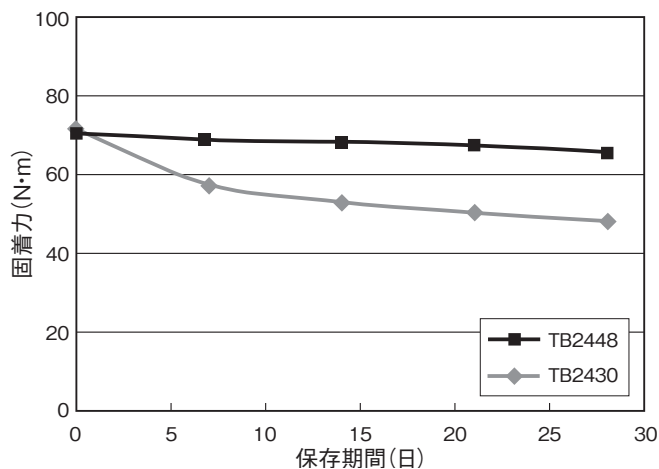


図-7 エポキシメックの保存安定性

試験方法 : プレコートボルトを40°C×95%RH雰囲気下に保管し所定時間経過後に取り出し、室温まで冷却し固着力を測定する。

試験片 : JIS 2級 M10×P1.5 亜鉛めっきクロメート処理六角ボルト・ナット

締付トルク : 30N・m

硬化条件 : 25°C×24時間(TB2448)
25°C×48時間(TB2430)

●軸力特性

前述しましたアクリルメックと同様の軸力特性を有しています (図-8)。

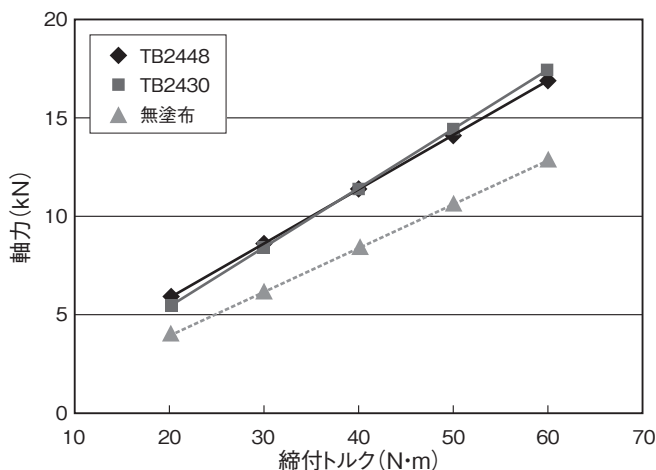


図-8 エポキシメックの軸力特性

試験方法 : プレコートボルトをねじ締付試験機にて各締付トルクに対する軸力を測定する。

試験片 : JIS 2級 M10×P1.5 亜鉛めっきクロメート処理六角ボルト・ナット

試験機 : 日本計測システム(株)製 ねじ締付試験機 NST-500NM

●耐熱性

エポキシメックのひとつの特長である優れた熱時固着力を下図に示します (図-9)。高温下でも高い固着力が得られています。(締付トルク以上の固着力が得られる温度をロック耐熱限界温度としています。)

TB2448のロック耐熱限界温度は150°C、TB2448Bでは160°Cとなります。

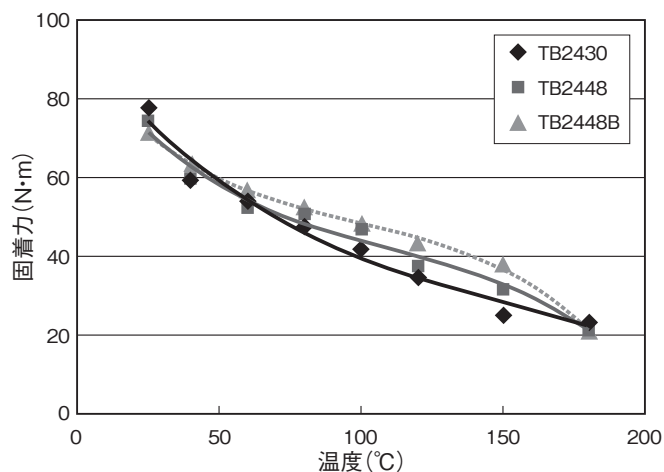


図-9 エポキシメックの熱間強度

試験方法 : プレコートボルトを締め付け、硬化後に各温度下で2時間保持し、その温度下における固着力を測定する。

試験片 : JIS 2級 M10×P1.5 亜鉛めっきクロメート処理六角ボルト・ナット

締付トルク : 30N・m

硬化条件 : 25°C×24時間(TB2448、TB2448B)
25°C×48時間(TB2430)

●耐熱耐久性

下図 (図-10、図-11) に示すように150°C下において安定した固着力特性を維持しています。

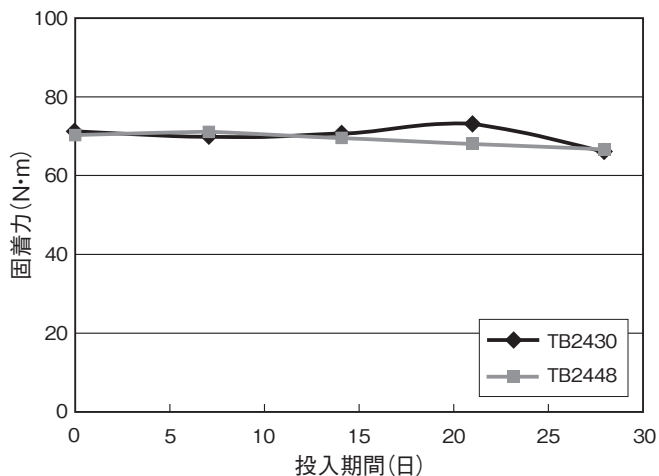


図-10 エポキシメックの熱劣化特性 (TB2430、TB2448)

試験方法 : プレコートボルトを締め付け、硬化後に150°C下
 下に投入し、所定時間経過後に取り出し、室温まで冷却し固着力を測定する。
 試験片 : JIS 2級 M10×P1.5 亜鉛めっきクロメート処理
 六角ボルト・ナット
 締付トルク : 30N・m
 硬化条件 : 25°C×24時間(TB2448)
 25°C×48時間(TB2430)

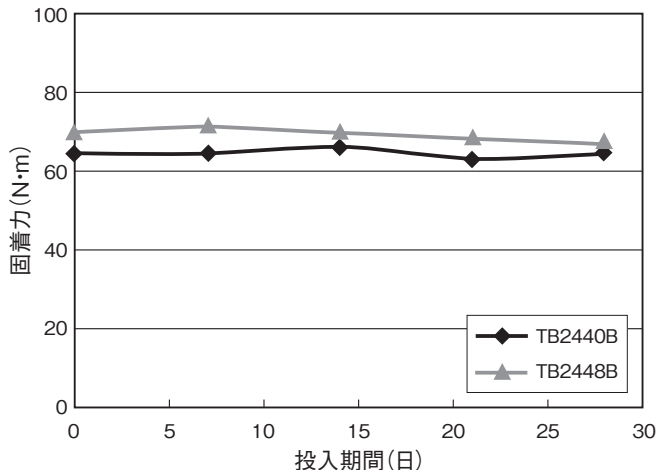


図-11 エポキシメックの熱劣化特性 (TB2440B、TB2448B)

試験方法 : プレコートボルトを締め付け、硬化後に150°C下
 下に投入し、所定時間経過後に取り出し、室温まで冷却し固着力を測定する。
 試験片 : JIS 2級 M10×P1.5 亜鉛めっきクロメート処理
 六角ボルト・ナット
 硬化条件 : 25°C×24時間(TB2448B)
 25°C×72時間(TB2440B)

●耐薬品性

下図(図-12、図-13)に示しますように、エポキシメックは各種薬品に対して安定な特性を有しています。幅広い用途で安定してご使用いただけます。

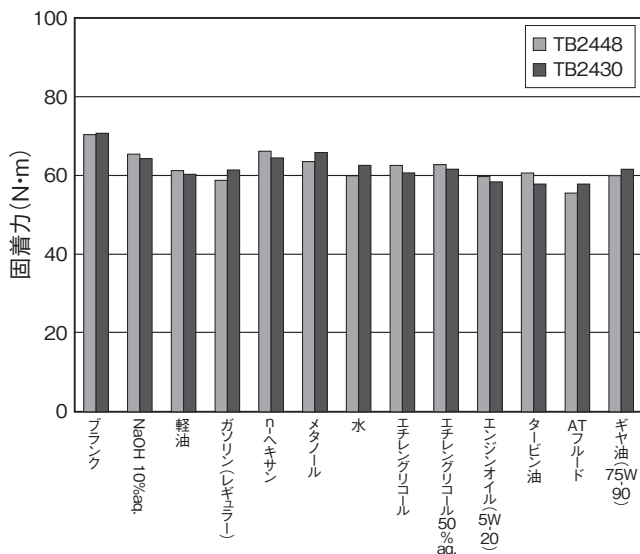


図-12 エポキシメックの耐薬品性 (TB2430、TB2448)

試験方法 : プレコートボルトを締め付け、硬化後に各種薬品
 品に浸せきし、所定条件経過後にボルトを取り出し固着力を測定する。
 試験片 : JIS 2級 M10×P1.5 亜鉛めっきクロメート処理
 六角ボルト・ナット
 締付トルク : 30N・m
 硬化条件 : 25°C×24時間(TB2448)
 25°C×48時間(TB2430)

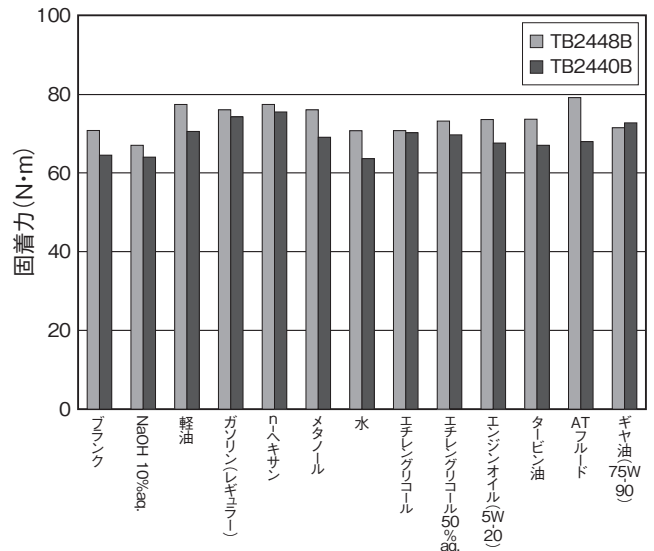


図-13 エポキシメックの耐薬品性 (TB2440B、TB2448B)

試験方法 : プレコートボルトを締め付け、硬化後に各種薬品
 品に浸せきし、所定条件経過後にボルトを取り出し固着力を測定する。
 試験片 : JIS 2級 M10×P1.5 亜鉛めっきクロメート処理
 六角ボルト・ナット
 締付トルク : 30N・m
 硬化条件 : 25°C×24時間(TB2448)
 25°C×72時間(TB2440B)

おわりに

今回の一連の新水性メック加工商品は、これまで市場でご評価いただいています有機溶剤型商品と同等以上の性能を有しています。また、ご使用につきましても同じ条件で水性型商品を提供できるものと考えています。

スリーボンドでは、国内外にかかわらず法規、規制面、及び地球環境の側面に配慮した開発を今後も継続して行きます。

<参考文献>

テクニカルニュース NO.3、NO.8、NO.64、NO.78

株式会社スリーボンド 研究開発本部

開発部 工材開発課

前田 康雄

鎌田 邦彦

小野田 友弘



企画 株式会社 URC 編集室
編集 東京都渋谷区恵比寿1-18-15
スリーボンドビル2F
電話 03(5447)5333
発行 株式会社 スリーボンド
東京都八王子市狭間町1456
電話 042(661)1333(代)