

LOCTITE  
確実な成功に向けて

# 柔軟性に優れた新しいシアノアクリレート系 接着剤:ロックタイト 4902・ロックタイト 4903

Michael Pomykala (Henkel Corporation)

**LOCTITE®**  
**BONDERITE®**  
**TECHNOMELT®**  
**TEROSON®**  
**AQUENCE®**

**Henkel** Excellence is our Passion

## 要旨

接着剤に関しては、スピードと柔軟性は両立しないと言われてきました。現在のシアノアクリレート系接着剤、アクリル系光硬化型接着剤、ホットメルト接着剤、二液型シリコーン系接着剤、ポリウレタン系接着剤は柔軟性があるか、比較的固着時間が短いかのいずれかです。しかし、ほとんどの場合、せん断強度、接着剤コスト、塗布のし易さ、硬化特性のいずれかについて妥協が必要です(不透明な被着材をアクリル系光硬化型接着剤で接着するなど)。ヘンケルは、優れた柔軟性と固着速度を実現するとともに、大半の被着材で優れた強度を保つ2つのロックタイト瞬間接着剤を開発しました。ロックタイト4902およびロックタイト4903をテストする過程で、これらの新しい接着剤は、固着時間、せん断強度、熱老化性などの標準分野において、より優れているとは言わないまでも同等の性能をもつことが確認されました。さらに、テストの結果、この新しい接着剤は望ましい性能パラメーターを維持しつつ、一般的な柔軟性のある被着材に対するシーリングの信頼性も高めることが分かりました。

## 序論

接着剤に関しては、スピードと柔軟性は両立しないと言われてきました。シアノアクリレート系接着剤は、入手できる中では最も速くて強い接着剤の部類に入ると考えられますが、その特性から、どちらかと言うと硬くて脆い製品でもあります。アクリル系光硬化型接着剤は一液型であり、固着が速く接着性に優れ、柔軟性も高い接着剤です。しかし、アクリル系光硬化型接着剤を検討する場合に注意すべき点は、接着剤が透明である必要があることと、光硬化装置が必要であることです。ホットメルト接着剤は柔軟性はあるものの、当然ながら加熱融解装置が必要なため、熱に弱い被着材には使用できません。二液型シリコーン系接着剤は、柔軟性があり比較的固着が速いものの、ほとんどの被着材でせん断強度が500psi(1平方センチメートルあたり約35.2kgの力がかかる応力)を超えません。ヘンケルは、柔軟性に優れ、ほとんどの被着材で高い強度を実現する2つのロックタイト瞬間接着剤を開発しました。

## シアノアクリレート系接着剤について

シアノアクリレート系接着剤は「瞬間接着剤」とも呼ばれる一液型の室温硬化型接着剤です。2つの被着材の間で加圧され薄膜状になると、接着面の湿気によってシアノアクリレートが急速に硬化し、固い熱可塑性プラスチックを形成します。シアノアクリレート系接着剤は、一般に、ほとんどの被着材への接着性に優れ、通常10~30秒で固着します。1957年にEastman Kodakが初めて特許を取得し、その後まもなく1960年には、現在Loctite® QuickSet® 404™として知られている瞬間接着剤がロックタイト社に売却されました。このシアノアクリレート系接着剤は長年にわたって改良が重ねられました。耐衝撃性とはく離強度を高めるため、ゴム強化シアノアクリレート系接着剤が開発されました。耐熱性シアノアクリレート系接着剤は、250°F(約120°C)の高温下に1,000時間置いた後も優れた接着強度を維持します。表面状態に影響されにくいシアノアクリレート系接着剤は、木材や重クロム酸塩で処理した金属など酸性の表面や、シアノアクリレート系接着剤の性能を妨げるとされる表面でも、固着時間が短く、速く硬化します。低臭・低白化シアノアクリレート系接着剤は、接着箇所付近に白化現象が起きる可能性を最低限に抑え、繊細な用途においても美観を損なうことはありません。光硬化型シアノアクリレート系接着剤は、専用の光開始剤を利用して適切な波長の光を当てると数秒で接着剤が硬化しますが、不透明な部分では湿気硬化能力を発揮します。

## 高柔軟性シアノアクリレート系接着剤

シアノアクリレート系接着剤を使う利点は、ほとんどの被着材に対する優れた接着性、固着時間の短さ、せん断強度の大きさ、引張強度の大きさなどです。一液型であるため扱いやすく、生産ラインの自動化に適しています。しかし、前述のとおりシアノアクリレートが硬化して形成される熱可塑性プラスチックは硬くて脆い性質があるという大きな制約があります。接着剤の柔軟性を表すのによく使用される指標の1つに、材料の伸び率があります。シアノアクリレート材料の伸び率は平均で2%以下ですが、シリコーン系など柔軟性の高い接着剤は、通常100%以上の伸び率を達成します。シアノアクリレート系接着剤に関して柔軟性が重要なのはなぜでしょうか。接着した部品に曲げ荷重がかかった場合、柔軟性の高い瞬間接着剤は局所的な応力集中を軽減し、パーツの均等な変形を促します。高柔軟性シアノアクリレート系接着剤は、一般的なシアノアクリレート系接着剤より硬度とモジュラスが

はるかに低いのが特徴です。このような特徴は、硬いシアノアクリレートでは応力集中によって破断する(フィレットに「ナイフエッジ」が生じるとも言います)可能性のある高柔軟性被着材に特に有効です。

この新しい高柔軟性シアノアクリレート系接着剤に望まれる柔軟性を実現するため、ロックタイト 4902 およびロックタイト 4903 の化学骨格として、新しいエチルノクチルモノマーの配合を使用しました。このモノマーの配合により、柔軟性のある接着剤の強度に関して、標準的なシアノアクリレート系接着剤に比べ性能が強化されました。柔軟性の向上と硬度を低くすることによって、優れた漏れ耐性とシーリング性能が得られます。しかも、ロックタイト 4902 とロックタイト 4903 は、標準シアノアクリレート系接着剤に求められるスピード、強度、使いやすさも保つことが分かっています。

## ロックタイト 4902、ロックタイト 4903 の性能

新しい接着剤のベンチマークデータの試験は、標準試験と応用試験の 2 つのカテゴリーに分類されます。標準試験には、せん断強度試験、固着速度試験、耐熱性試験、伸び率試験が含まれます。新しい接着剤のシーリング能力とパーツ上での柔軟性をさらに理解するため、応用試験も行う必要があります。この試験には、接着箇所になじれ応力をかける前後のプラスチック管/接合部品の組み合わせの漏れ試験が含まれます。

### 標準試験

ロックタイト 4902 およびロックタイト 4903 と一般の「非柔軟性」シアノアクリレート系接着剤の物理特性を比較するため、固着速度、せん断強度、熱老化、伸び率の 4 つの基本試験を行いました。新しい高柔軟性接着剤の性能は、標準シアノアクリレート、ゴム強化シアノアクリレート、耐熱性シアノアクリレート、初期世代の高柔軟性シアノアクリレートを含まない接着剤と同等か、それ以上でした。

固着速度は、1 平方インチ(約 2.54 平方センチメートル)の接合面積で 3 キログラムの重りを 5 秒間保持するのに接着剤が要する時間と定義します。実施した試験では、アクリロニトリルブタジエンスチレン (ABS)、ポリカーボネート(PC)、スチールのラップシヤについて固着時間をテストしました。図 1 に結果を示します。ロックタイト 4902 およびロックタイト 4903 は、いずれの被着材についても固着時間が 20 秒以下で、2 種類のプラスチックについては固着時間が 10 秒以下であったことが分かります。

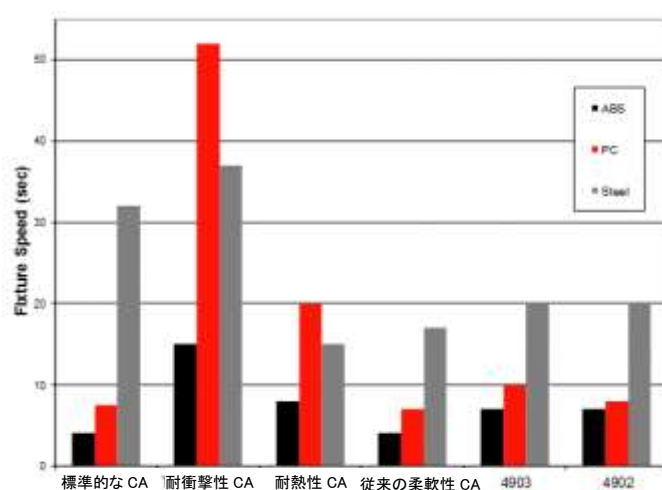


図 1 .各被着材に対するシアノアクリレート系接着剤の固着速度

固着速度試験と同じ3種の被着材についてせん断強度をテストしました。接着して24時間硬化した後、インストロン物理特性試験機で、分速0.05インチ(約0.127センチメートル)の速度で被着材を引っ張りました。図2に示すように、ロックタイト4902およびロックタイト4903は、すべての被着材について1,500psi(105.6kg/平方センチメートル)以上の強度を示し、ABSに関しては2,000psi(140kg/平方センチメートル)以上の強度がありました。ロックタイト4902およびロックタイト4903は、ポリカーボネートについても、テストしたすべての接着剤の中で接着強度が最高でした。ただし、この被着材については、耐熱性ゴム強化シアノアクリレートのデータはありません。

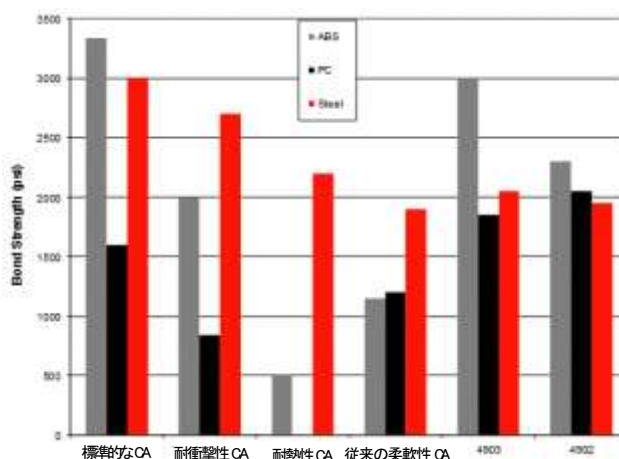


図2.各種被着材に対するシアノアクリレート系接着剤のせん断強度

シアノアクリレート系接着剤のユーザーの間では、接着剤の長期的な耐熱性が広く懸念されています。一般に、シアノアクリレートは「耐熱性」接着剤とはみなされていません。この試験では、ラップシエアをせん断強度試験と同様に接着しました。次に、試験片を80°Cと100°Cのオープンに500時間入れました。老化完了後、せん断強度試験と同じ方法で試験片を引っ張りました。図3は、ロックタイト4902およびロックタイト4903が80°Cで老化した後に初期強度の80%以上、100°Cで老化した後に初期強度の60%以上を維持できたことを示しています。この試験結果から、新しい高柔軟性接着剤は、一般のほかの高性能シアノアクリレート系接着剤と同等の性能をもつことが証明されました。

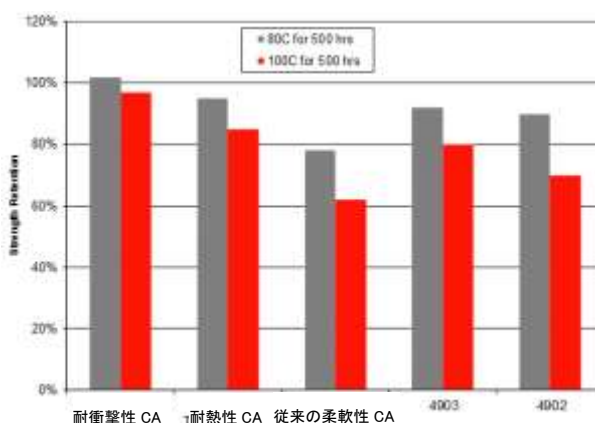


図3.シアノアクリレート系接着剤の500時間熱老化安定性



標準シアノアクリレート試験で最後に測定したのは、製品の伸び率です。材料の伸び率試験を実施するには、接着剤を薄膜状に延ばして硬化させます。次に、この薄膜を一定の長さの「ドッグボーン型」試験片に切断し、インストロン物理特性試験機でテストします。「ドッグボーン」試験片を破断するまで引っ張り、伸び率を計算します。図4は、一般的なシアノアクリレート系接着剤は「柔軟性」が乏しく、ロックタイト 4902 およびロックタイト 4903 の新しい高柔軟性接着剤は柔軟性が高いことを示しています。比較したシアノアクリレート系接着剤の中で 20%以上の伸び率を達成したものはありませんが、ロックタイト 4902 およびロックタイト 4903 は常に 100%以上の伸び率を達成していることが分かります。

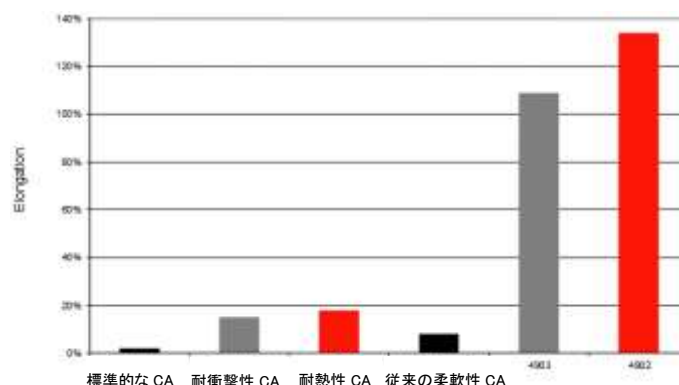


図 4.シアノアクリレート系接着剤の伸び率

#### 応用試験

ロックタイト 4902 およびロックタイト 4903 の柔軟性が従来のシアノアクリレート系接着剤よりも大幅に向上していることをさらに分かりやすく示すには、柔軟性の応用に特化した試験を実施する必要がありました。新製品の柔軟性がパーツ上でどの程度向上したかを定量化するため、新しい試験方法を選択しました。接着箇所になじれ応力をかける前後のプラスチック管/接合部品の組み合わせの漏れ試験です。



図 5.PVC 管と PVC の Y 型部品の例

漏れ試験は、3通りの被着材の組み合わせに対し実施しました。軟質 PVC 管と PC の Y 型部品、軟質 PVC 管と ABS の Y 型部品、軟質 PVC と PVC の Y 型部品の組み合わせです。試験材の例を図5に示します。いずれの場合も、管の端から約1センチにわたって管の外周に接着剤を塗布しました。次に、Y型部品を、接着箇所内を360°カバーするよう回転させながら管にはめ込みました。このアッセンブリを24時間硬化させ、Y型部品を密封し、管の反対側をエアサプライに接続します。この試験材を20psi(1.4kg/平方センチメートル)で10秒加圧し、水中に沈めて接着箇所の漏れを確認しました。次に、同じ試験材にロックタイト RB10 ロータリーテーブルで2分間なじれ応力をかけ、再び漏れ試験を行いました。図6は、この試験の結果を示しています。接着箇所になじれ応力をかけた後の試験に合格したのは、ロックタイト 4902 およびロックタイト 4903 だけであったことが分かります。

	耐衝撃性 CA	耐熱性 CA	従来の柔軟性 CA	4903	4902
ねじり応力なし					
PC Fitting / PVC Tube	Fail	Fail	Fail	Pass	Pass
ABS Fitting / PVC Tube	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass
PVC Fitting / PVC Tube	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass
ねじり応力あり (55rpm ロータリーテーブルで2分間)					
PC Fitting / PVC Tube	Fail	Fail	Fail	Pass	Pass
ABS Fitting / PVC Tube	Fail	Fail	Fail	Pass	Pass
PVC Fitting / PVC Tube	Fail	Fail	Fail	Pass	Pass

図 6. 接合部品に軽度のねじれ応力をかける前後の漏れ試験の結果

## まとめ

接着剤に関しては、スピードと柔軟性は両立しないと言われてきました。シアノアクリレート系接着剤は、入手できる中では最も速くて強い接着剤の部類に入りますが、その特性から、どちらかと言うと硬くて脆い製品でもあります。ヘンケルは、現在入手可能な一般的なシアノアクリレート系接着剤に求められる特性を維持しながら、同時にユーザーが求める柔軟性を提供する2種類の新しいロックタイト製品を発売しました。ロックタイト 4902 およびロックタイト 4903 の試験によって、これらの新しい接着剤は、固着速度、せん断強度、熱老化性などの標準分野において、より優れているとは言わないまでも同等の性能をもつことが確認されました。さらに、テストの結果、この新接着剤は望ましい性能/パラメーターを維持しつつ、一般的に柔軟性のある被着材に対するシーリングの信頼性も高めることが分かりました。

## 参考文献

1. P. J. Courtney, C. Verosky, Advances in Cyanoacrylate Technology for Medical Device Assembly.

※ロックタイト 4902、4903 は日本では取り扱っておりません。

※ロックタイト 4902、4903 は医療機器の国際規格である ISO10993 を取得しています。