



شركة قطر لتغليف المعادن ذ.م.م.  
QATAR METALS COATING COMPANY W.L.L

**Epoxy**  
**Coated Rebars**  
*time tested solution  
for concrete corrosion*



## Contents

## المحتويات

Foreword	2	مقدمة
Corrosion : A Recurring Problem	3	تصدع الخرسانة - مشكلة دائمة
Approaches Towards Corrosion Protection	4	طرق حماية الخرسانة المسلحة
Historical Research Outcomes	6	نتائج البحوث التاريخية
Fusion Bonded Epoxy Coated Rebar: The Right Solution for Steel Rebar Corrosion	7	التغليف بمادة الإيبوكسي بواسطة الإنصهار الكيميائي - الحل الصحيح لتآكل قضبان التسليح
Production of Epoxy Coated Rebar at Q-Coat	8	إنتاج قضبان تسليح مغلفة بالإيبوكسي في شركة كيوكوت
Quality Assurance	10	ضمان الجودة
International Standard of FBECR & Q-Coat Average	12	المعايير الدولية لمنتجات حديد التسليح المغلف بمادة الإيبوكسي ، ومعدلات كيوكوت
Benefits of using FBECR	14	مزايا قضبان التسليح المغلفة بالإيبوكسي
Case Studies – Q-Coat FBECR Applications at Doha, Qatar	15	دراسة حالة - تطبيقات قضبان التسليح المغلفة بالإيبوكسي في الدوحة، قطر
Research on Corrosion Performance of Epoxy Coated Rebar	16	بحث حول أداء قضبان التسليح المغلفة بالإيبوكسي ضد التصدع

Qatar Metals Coating Company W.L.L (Q-Coat) was formed in 1990 as a joint venture between Qatar Steel Company and Qatar Industrial Manufacturing Company, QIMC, with a vision to provide a solution to corrosion reinforcing steel in concrete. It is one of the first and most reputed epoxy coated rebar manufacturer in GCC., based at Mesaieed Industrial City in Qatar.

The use of fusion bonded epoxy (FBE) coating is considered by many Researchers and Engineers to be the most cost effective technique for combating corrosion on rebar. Through stringent quality assurance practices followed during FBE coating on rebar procured from Qatar Steel, Q-Coat has established its credentials in the GCC markets, especially in Qatar which has been growing consistently over the years. Initially from a capacity of 60,000 TPY, Q Coat has expanded its facilities to produce 100,000 TPY to be the largest epoxy coating plant in the region.

The technical expertise of Q-Coat in Fusion Bonded Epoxy Coating is reflected in its product quality with recommendations received from numerous authorities and companies such as KAHRAMAA (Qatar General Electricity & Water), QAFCO (Qatar Fertilizer Company) and ISO 9001:2008 Quality Management system.

Consistent with Qatar National Vision (QNV) 2030, our responsibility is to contribute to the growth of the construction industry by providing a continuous protection to the corrosion of reinforcing steel. However, this demands for a continued effort to improve the awareness on the benefits of using epoxy coated rebar.

We are optimistic that our joint efforts would facilitate us in emerging successful in our endeavor.

Mohammed Nasser M A Al-Hajri  
Vice Chairman

تأسست شركة قطر لتغليف المعادن (كيوكوت) في عام 1990 م كشركة مساهمة بين قطر للحديد والصلب (قطر ستيل) والشركة القطرية للصناعات التحويلية ، بهدف تقديم حلول لتصدع الخرسانة، الذي يعتبر أحد أسوأ المشاكل التي تتعرض لها قضبان التسليح في منطقة دول مجلس التعاون الخليجي. وتعد كيوكوت إحدى الشركات المشهورة المصنعة لقضبان التسليح المغلفة بمادة الإيبوكسي في دول مجلس التعاون الخليجي، والمتواجدة في مدينة مسيعد الصناعية في دولة قطر.

ويعتبر الكثير من الباحثين والمهندسين أن التغليف بمادة الإيبوكسي التي تتم بعملية الانصهار الكيميائي هي التقنية الأكثر فعالية من حيث الكلفة، والتي تستخدم لحماية المنشآت الخرسانية من التصدع والتآكل. ومن خلال تطبيق الإجراءات الصارمة لضمان الجودة العالية والمتبعة خلال عملية التغليف بمادة الإيبوكسي، التي تتم على قضبان التسليح المنتجة من قبل شركة قطر ستيل، حازت شركة كيوكوت على ثقة كبيرة في أسواق دول مجلس التعاون الخليجي وخاصة في دولة قطر، والتي شهدت نمواً متزايداً خلال الأعوام الماضية. حيث تمكنت كيوكوت بعد توسعة منشآتها من رفع طاقتها الإنتاجية من 60.000 طن سنوياً إلى 100.000 طن سنوياً ، لتصبح بذلك أكبر شركة متخصصة في تغليف قضبان التسليح بمادة الإيبوكسي في المنطقة.

وقد ساهمت الخبرات الفنية لشركة كيوكوت في عملية تغليف قضبان التسليح بمادة الإيبوكسي بجودة عالية، و حصولها على شهادات الاعتماد من مختلف الهيئات والشركات مثل وزارة البلدية والتخطيط العمراني في دولة قطر ، المؤسسة العامة القطرية للكهرباء والماء (كهرماء) ، شركة قطر للأسمدة الكيماوية (قافكو)، بالإضافة إلى حصول الشركة على شهادة الأيزو (ISO 9001 : 2008) لنظام إدارة الجودة العالمية.

وتمشيا مع رؤية قطر الوطنية 2030 ، حتمت علينا المسؤولية أن نساهم في نمو قطاع صناعة الإنشاءات والبناء ، عبر تقديم الحلول الدائمة لمشاكل تآكل الحديد وتصدع الخرسانة ، وقد تطلب منا هذا بذل المزيد من الجهد من أجل نشر الوعي بمزايا وفوائد استخدام قضبان التسليح المغلفة بمادة الإيبوكسي ، ونحن على يقين بأن تكفل مساعيها بالنجاح من خلال تضافر كافة الجهود.

علي بن حسن المريخي  
نائب رئيس مجلس الإدارة



## Corrosion: A Recurring Problem

The deterioration of concrete structures due to corrosion of steel reinforcement is a worldwide problem that first drew attention in USA during the early seventies.

It was discovered that structures such as highways, bridges, decks, parking ramps and marine installations designed to last for 100-75 years of service life, required replacement or extensive repairs in just 10 years after construction.

The problem was associated with absorption of airborne pollutants, acids and chloride salts through the surface which eventually found their way to the reinforcement steel causing it to corrode.

When steel corrodes, rust is formed and it occupies more space than the steel itself. In some cases, the volume can increase as much as 20 times that of the original volume of steel that has corroded.

Enormous pressure develops between the concrete and steel causing the concrete to crack. These cracks propagate through the concrete resulting in concrete spalling leading to structural failure.

In terms of climate, the Middle East and Far East regions constitute a highly corrosive environment for reinforced concrete in the world. High temperature and humidity combined together with high natural chloride contents and air contributes to the rapid corrosion of steel reinforcement. Salt spray and airborne chlorides along the coastal areas add to the problem. Thus, all reinforced concrete structures existing in such an environment are most likely to undergo one or more of the following consequences:

- Reduction in service life of structures
- Concrete failure leading to shut down of vital and important structures
- Danger to public safety due to catastrophic failure
- Increase in rehabilitation and repair cost and time

## تصدع الخرسانة مشكلة دائمة

يعد تدهور المنشآت الخرسانية نتيجة تآكل قضبان التسليح مشكلة عالمية، وقد ظهرت هذه المشكلة أولاً في الولايات المتحدة الأمريكية في مطلع السبعينات.

وقد تبين أن بعض المنشآت كالطرق السريعة، والجسور، ومواقف السيارات والمنشآت البحرية التي تم تصميمها لتعمر ما بين 75 - 100 سنة قد تطلب إعادة بنائها أو اصلاحها بشكل كلي بعد 10 سنوات فقط من إنشائها.

وقد اتضح أن المشكلة تتمثل في امتصاص المواد الملوثة المحمولة في الهواء كالأحماض، وأملاح الكلورايد من خلال السطح، التي وجدت في النهاية طريقها للنفاذ إلى قضبان التسليح مما تسبب في تآكلها.

فعندما يبدأ الحديد بالتآكل، يتكون الصدأ ويحتل مساحات أكبر من المساحة التي يحتلها الحديد نفسه. وقد يزداد حجم الصدأ في بعض الحالات ليصل إلى 20 ضعفاً من الحجم الأصلي للسياج الذي تعرض للصدأ.

وينتج ضغط هائل بين الخرسانة والقضبان، مما يسبب تشقق الخرسانة، وهذه الشقوق تساعد في تسريع عملية التآكل حتى يصل الأمر في النهاية إلى تصدع كتل كبيرة من الخرسانة وسقوطها، مما يؤدي لاحقاً إلى سقوط المنشأة بأكملها.

وبالنسبة للعوامل المناخية، فإن المناخ السائد في منطقتي الشرق الأوسط والشرق الأقصى يعتبر من العوامل الأكثر تسبباً في تصدع المنشآت الخرسانية بالعالم، حيث أن درجات الحرارة المرتفعة، والرطوبة العالية، والمستوى المرتفع من الكلورايد الطبيعي في الحصى والهواء، تساهم في عملية التآكل السريع لقضبان التسليح، ويعمل رذاذ الملح والكلورايد المحمول في الهواء في المناطق الساحلية على تفاقم هذه المشكلة، وبالتالي تصبح جميع المنشآت الخرسانية المسلحة الموجودة في مثل هذه البيئة أكثر عرضة للتأثيرات التالية:

- تدني عمر المنشأة
- \* إغلاق المنشآت الحيوية والهامة بسبب تصدع الخرسانة
- الخطورة على السلامة العامة
- زيادة في تكلفة الصيانة ومدتها



## Approaches Towards Corrosion Protection

The five most prominent approaches used worldwide for corrosion protection are:

- Concrete surface sealers
- Concrete barrier/cover depth
- Chemical stabilization/ Corrosion Inhibitors
- Electrochemical Method
- Coating of rebar / Steel Barrier Protection

**Concrete Surface Sealers:** Concrete surface sealers are applied to concrete surface to protect it from corrosion. They either block the pores in the concrete to reduce absorption of water/salts or form an impermeable layer that prevents such materials from passing. Sealers can be separated into two groups: film forming and penetrating. The practical problems are that they are site applied and subject to weather and construction practices. Surface preparation of the existing concrete can be an important factor.

**Concrete Barrier/Cover Depth:** Increasing concrete cover depth has proven effective in slowing the ingress of chloride to the steel. The biggest problem with this method is that there is an increase in cracking propensity, high cost, and increased permeability with age, scaling, and water entrapment.

**Chemical Stabilization/Corrosion Inhibitors:** Chemical protection relies on changing the concrete environment to reduce corrosion. Two significant drawbacks are: it acts as a set accelerator for concrete and normally needs a retarder; secondly, the amount required is difficult to predict because exposure varies in different parts of the structure.

## طرق حماية الخرسانة المسلحة

تشمل أبرز الطرق المستخدمة عالمياً لحماية المنشآت الخرسانية من التآكل خمس طرق وهي كما يلي:

- موانع التسرب السطحي للخرسانة
- عمق خرسانة الأساسات / الغطاء الخرساني
- التثبيت الكيميائي / والإضافات الكيميائية لموانع التصدع
- الطرق الكهروكيميائية
- تغليف قضبان التسليح / حماية الخرسانة من الصدأ

**موانع التسرب السطحي للخرسانة :** تستخدم موانع التسرب السطحي على سطح الخرسانة لحمايتها من التصدع. وهي إما أن تعمل على سد الثقوب والتشققات في الخرسانة لتقليل امتصاص الماء والأملاح ، أو أنها تشكل طبقة عازلة تمنع هذه المواد من التسرب. ويمكن تقسيم الموانع إلى فئتين: بلاستيكية ونافاذة. إلا أنه تظهر بعض المشاكل العملية لاستخدام تلك الموانع في الموقع، نظراً لأنها تخضع لتقلبات الطقس والممارسات الإنشائية. كما يعتبر تحضير سطح الخرسانة لعملية التغليف في غاية الأهمية.

**عمق خرسانة الأساسات والغطاء الخرساني:** لقد ثبتت فعالية زيادة عمق الخرسانة في إبطاء تسرب الكلورايد إلى قضبان التسليح ، إلا أن المشكلة الكبرى في هذه العملية تكمن في زيادة قابلية حدوث التشقق، إلى جانب تكلفتها العالية، وقابليتها للنفاذ مع مرور الوقت وانحباس الماء.

**التثبيت الكيميائي والإضافات الكيميائية لموانع التصدع :** تعتمد الوقاية الكيميائية على تغيير بيئة الخرسانة للحد من التآكل. ويوجد هناك عائقان أساسيين، أولاً: تعمل كمسرّع للخرسانة، وتحتاج عادة إلى مواد لإبطاء تصلب الخرسانة، وثانياً من الصعب التنبؤ بالكمية المطلوبة ، لأن نسبة التعرض تتفاوت في مختلف أجزاء الخرسانة

**Electrochemical Method:** Cathodic protection works by imposing an electric potential to oppose the corrosion cell. It requires an anode current distribution system and a power supply. The major drawback is that it is a technically sophisticated, expensive system that requires trained Engineer site visits, and high maintenance expenditures.

#### **Coated Rebar/ Steel Barrier Protection:**

Fusion Bonded Epoxy Coating is one of the corrosion resistive methods used extensively in construction to protect steel from corrosion, by preventing chlorides and moisture from reaching the surface of the steel. A few of FBECR advantages over other type of coated rebar's includes the following:

- Reduces concrete damage through corrosion resistant reinforcing.
- Higher chloride threshold and lower corrosion rates than uncoated bars.
- ECR's have already demonstrated almost 50 years design life in 1970's concrete.
- ECR remains cost-effective corrosion protection.
- Perfect solution for GCC coastal structures subject to high heat, humidity and salinity.

**الطرق الكهروكيميائية:** تقوم طريقة الحماية الكاثودية على استخدام قدرة كهربائية لاعتراض خلية التآكل. وتتطلب هذه الطريقة نظام توزيع تيار القطب الموجب (الأنود) والتزود بالطاقة. ولكن العائق الأساسي في هذا النظام هو أنه معقد من الناحية الفنية ومكلف أيضا، حيث أنه يتطلب مهندسين مدربين لزيارة الموقع ، وأيضا تتطلب نفقات صيانة عالية.

#### **قضبان التسليح المغلفة / حماية الحواجز الحديدية :**

تعتبر عملية تغليف قضبان التسليح بالإيبوكسي بواسطة الانصهار الكيميائي إحدى الطرق المستخدمة في الإنشاءات لمقاومة تصدع الخرسانة، وحماية الحديد من التآكل، من خلال منع الكلورايد والرطوبة من الوصول إلى سطح الحديد. وتتميز عملية التغليف بالإيبوكسي بواسطة الانصهار الكيميائي عن غيرها من طرق تغليف قضبان التسليح. وتشمل هذه المزايا ما يلي:

وتتميز عملية التغليف بالإيبوكسي بواسطة الانصهار الكيميائي عن غيرها من طرق تغليف قضبان التسليح. وتشمل هذه المزايا ما يلي:

- تقلل أضرار الخرسانة من خلال مقاومتها للتصدع.
- تأثير الكلوريدات أعلى، ومعدلات تآكل أقل من قضبان التسليح غير المغلفة.
- أثبتت قضبان التسليح المغلفة صلاحية 50 سنة والمستخدمة في الخرسانة في السبعينات.
- تظل قضبان التسليح المغلفة وسيلة فعالة اقتصادية لحمايتها من التصدع.
- قضبان التسليح المغلفة هي الحل الأمثل للهياكل الإنشائية الساحلية في منطقة دول مجلس التعاون الخليجي، المعرضة لارتفاع الحرارة والرطوبة والملوحة.





## Historical Research Outcomes

FBECR is most widely used material world-wide with evidences of field research done at Pennsylvania & New York, Florida, Virginia Department of Transportations (DOTs), North Carolina, and Georgia showing long life of decks constructed with ECR.

**Pennsylvania & New York:** Field survey & Lab analysis of 240 bars extracted from 80 bridge decks reported good performance of ECR extrapolating 75 years of low maintenance service life.

**New York Department of Transportation:** ECR performs significantly better than uncoated rebars. (Based on statistical analysis of 17,000 structures).

**Florida:** Most structures with ECR in Florida concrete are predicted to have 100 years of service life.

**Virginia Department of Transportation:** All decks with uncoated bar had been overlaid due to corrosion (34-18 years). Whereas, none of ECR decks had been overlaid. (2009 study)

**North Carolina Bridges:** No corrosion induced concrete distress was detected and the investigators concluded that ECR provides adequate protection for uncoated rebars and its use should be continued.

**Georgia:** MacKay river bridge samples did not show active corrosion despite the presence of chloride concentration at the bar depth of up to 0.079% by weight of concrete even with less than 5 mils coating thickness.

## نتائج البحوث التاريخية

إن قضبان التسليح المغلفة بمادة الإيبوكسي هي الأكثر استخداماً على نطاق واسع في جميع أنحاء العالم. ووجدت أدلة من البحوث الميدانية التي أجريت في ولاية بنسلفانيا ونيويورك وفلوريدا، ووزارة النقل في فيرجينيا وجورجيا، وولاية كارولينا الشمالية، والتي تظهر حياة طويلة للأبنية التي تم بناؤها باستخدام قضبان التسليح المغلفة بالإيبوكسي.

**بنسلفانيا ونيويورك:** تم إجراء مسح ميداني وتحليل مخبري على عينة من قضبان تسليح وعددها 240 منزوعة من 80 جسر ، وأظهرت التقارير الأداء الجيد لقضبان التسليح المغلفة بالإيبوكسي والتي يصل عمرها الزمني إلى 75 سنة مع صيانة منخفضة.

**إدارة النقل بنيويورك:** قضبان التسليح المغلفة بالإيبوكسي تعمل بكفاءة أفضل من قضبان التسليح غير المغلفة. (اعتماداً على تحليل احصائي لـ 17 ألف مبنى.

**فلوريدا:** إن معظم المنشآت الخرسانية التي استخدم فيها قضبان التسليح المغلفة بالإيبوكسي في ولاية فلوريدا من المتوقع أن يصل عمرها الزمني إلى 100 سنة من الخدمة.

**إدارة النقل بفرجينيا:** جميع الأسطح التي تحتوي على قضبان تسليح غير مغلفة قد تم ترميمها وطلاؤها بسبب التآكل (18 - 34 سنة). في حين، لم يتم تبديل أي من الأسطح التي تحتوي على قضبان لتسليح المغلفة بالإيبوكسي. (دراسة عام 2009).

**الجسور في كارولينا الشمالية :** لم يكشف أي تصدع في الخرسانة ، وذكر المحققون أن قضبان التسليح المغلفة بالإيبوكسي تؤمن حماية كافية لقضبان التسليح غير المغلفة وأن استخدامها ينبغي أن يستمر.

**جورجيا:** لم تظهر عينات جسر نهر ماكي أي تصدع، بالرغم من وجود تركيز كلوريد في عمق قضبان التسليح يصل إلى 0.079 % من وزن الخرسانة، حتى مع أقل من 5 مم من سماكة التغليف.

## Fusion Bonded Epoxy Coated Rebar: The Right Solution for Steel Rebar Corrosion

FBECR provides the required flexibility to withstand 180° degrees bend over a mandrel diameter specified by international specification without affecting the coating adhesion along with being the most effective solution to concrete degradation. In addition, they offer increased resistance to damage that can be caused by careless site handling.

180° Bend over a Mandrel



## التغليف بمادة الإيبوكسي بواسطة الإنصهار الكيميائي - الحل الصحيح لتآكل قضبان التسليح

توفر قضبان التسليح المغلفة بمادة الإيبوكسي بالإنصهار الكيميائي المرنة اللازمة لمقاومة الإثناء بمعدل 180° درجة على نصف قطر دائرة، المحددة وفقا للمواصفات الدولية، دون أن يتأثر التصاق التغليف. وتوفر عملية التغليف هذه الحل الأكثر فعالية لتصدع الخرسانة. بالإضافة إلى أنها توفر المزيد من المقاومة للتلف، الذي قد ينتج عن الإهمال أثناء عمليات المناولة في الموقع.

اختبار الإثناء 180° درجة

The coating provides long term adhesion to steel and ensures the reinforcing bars are protected over a wide temperature range and all climatic conditions. Few notable advantages are:

- Long-term corrosion resistance
- Excellent prevention to salt damage
- Excellent impact resistance, bendability & adhesion
- Good bond strength with concrete
- Pleasing appearance

ويتيح التغليف التصاق مادة الإيبوكسي بقضبان التسليح على المدى الطويل، مما يضمن حمايتها من تغير درجات الحرارة والظروف المناخية. وفيما يلي بعض المزايا البارزة لتغليف حديد التسليح بالإيبوكسي:

- مقاومة الخرسانة للتصدع على المدى الطويل
- الوقاية الممتازة من أضرار الأملاح
- مقاومة ممتازة للصدمات وقدرة على الانحناء والتماسك
- قدرة جيدة على التماسك مع الخرسانة
- مظهر جذاب

FBECR being utilized at  
KAHRAAMAA Mega Water  
Reservoirs Project



قضبان التسليح المغلفة بالإيبوكسي  
تستخدم في مشروع كهراء لإنشاء  
الخرانات الكبرى لتأمين المياه

## Production of Epoxy Coated Rebar at Q-Coat

**Rebar Surface Inspection:** Black bar procured exclusively from Qatar Steel Company QSC is inspected for surface defects such as seams, slivers, roll marks, oil & grease contamination etc. and non-conforming black bars are rejected to ensure superior coating quality.

**Surface Preparation:** Black bars are abrasive blast-cleaned to a near white metal finish using steel grit. This cleans the surface of steel from contaminants, mill scale, rust, and salts giving it a textured anchor profile (the microscopic peaks and the valleys on the surface) with a maximum roughness depth of 1.5 to 4.0 mil [40 to 100  $\mu\text{m}$ ].

**Heating:** Black bars are heated to approximately 230°C using high frequency electrical induction heater.

Induction Heater



تسخين بالحث الكهرو مغناطيسي

**Epoxy Powder Application:** The heated black bar is passed through a powder-spray booth where the dry epoxy powder is discharged from a number of spray nozzles. As the powder leaves the spray gun, an electrical charge is imparted to the particles. These electrically charged particles are attracted to the grounded-steel surface providing even coating coverage. As the dry powder hits the hot black bar, it melts and flows into the anchor profile and conforms to the ribs and deformations of the bar.

Powder Coating Booth



حجرة رش بودرة الطلاء

## إنتاج قضبان تسليح مغلفة بالإيبوكسي في شركة كيوكوت:

**فحص أسطح قضبان التسليح :** يتم فحص قضبان التسليح التي يتم شراؤها من قطر ستيل، للتأكد من عدم وجود أية عيوب قد تؤثر على جودة التغليف، مثل علامات أو تلوث بالزيوت أو بالشحم. ويتم رفض القضبان المخالفة للمواصفات للتأكد من الجودة العالية للتغليف

**تهيئة السطح:** يتم تنظيف قضبان التسليح وصنفرتها باستخدام حبيبات حديدية، حيث تزال الملوثات والشوائب والصدأ التي قد تؤثر على عملية التغليف. ويعمل التنظيف أيضا على تخشين سطح الحديد بعمق ١.٥ - ٤ mil (٤٠ - ١٠٠  $\mu\text{m}$ ).

**التسخين:** يتم تسخين قضبان الحديد إلى ٢٣٠ درجة مئوية ( ٤٥٠ درجة فهرنهايت ) تقريبا بواسطة التيارات الحثية عالية التردد.

**تطبيق بودرة الطلاء:** يتم تمرير قضبان الصلب الساخنة من خلال حجرة رش البودرة، حيث تنبعث بودرة الإيبوكسي الجاف من عدد من فوهات الرش. وعندما تنطلق البودرة من الرشاش، تنتقل الشحنات الكهربائية إلى الجسيمات. ومن ثم تنجذب هذه الجسيمات المشحونة كهربائيا إلى سطح الحديد المصنفر مكونة غطاء كاملا عليها. وعندما ترش البودرة الجافة على قضبان الصلب الساخنة، تذوب البودرة وتنتشر على سطح الحديد. وتنتقل الحرارة مسببة التفاعل الكيميائي الذي يجعل جزيئات البودرة تشكل البوليمرات مما يعطي للمواد خصائصها المفيدة.

**Curing & Quenching:** Following powder application, the coating is allowed to cure for a short period (approximately 15 - 10 seconds) during which it hardens, followed by water quenching that quickly reduces the bar temperature by suppressing the excessive heat.

المعالجة والتبريد : وبعد عملية تطبيق البودرة ، يترك الطلاء لفترة من الوقت ( ١٠ - ١٥ ثانية). يصبح خلالها الطلاء صلبا، وبعدها يتم تبريده بالماء بسرعة مما يخفض درجة حرارة الحديد الزائدة.

*Quenching*



التبريد

**Inline Quality Inspection:** Inline holiday detector is used to measure coating holidays.

فحص الجودة: يتم استخدام جهاز الكشف عن العيوب في التغليف لتحديد الفراغات.

*Inline Holiday Detector*



كاشف الفراغات في تغليف القضبان

**Packing:** The coated bars are then carefully tied with nylon straps and bundles wrapped in protective polyethylene sheet, ready for loading & dispatch.

التعبئة : يتم ربط قضبان الحديد المغلفة بالإيبوكسي بعناية فائقة باستخدام أسلاك بلاستيكية ومن ثم تغلف الحزم بغطاء بلاستيكي واقفي لتكون جاهزة للتحميل والنقل.

*Packed FBECR bundles*



حزم قضبان التسليح المغلفة بالإيبوكسي.

*In the year 2016 & 2015, Q-Coat has supplied more than 350,000 MT of FBECR for KAHRAMAA Mega Water Reservoirs Project in Qatar*

في عامي ٢٠١٥ و ٢٠١٦ ، قامت شركة كيوكوت بتوريد حوالي ٣٥٠,٠٠٠ طن من قضبان حديد التسليح المغلفة بمادة الإيبوكسي لصالح مشروع إنشاء الخزانات الكبرى لتأمين المياه ، الذي تقوم بتنفيذه المؤسسة العامة القطرية للكهرباء والماء "كهرماء".

## Quality Assurance

At Q-Coat we are committed to achieve and maintain the highest standards of quality in all areas of operation by in process quality tests such as :

- Oil Contamination Test
- Near-White Blast Cleaning using SSPC-SP10
- Backside Contamination Tape Test
- Copper Sulfate Test
- Surface Profile Measurement
- Bar surface temperature using non- sulfurous temperature- sensitive crayons and infrared temperature gauge

Epoxy coated rebar is tested for following quality parameters:

- Coating holidays using inline and hand held holidays detector
- Coating Thickness
- Coating Flexibility by 180° Bend Test

*Surface Profile Measurement*



*Coating Thickness Measurement*



## ضمان الجودة

نحن في شركة كوكوت ملتزمون بتحقيق أعلى مستويات الجودة، والمحافظة عليها في جميع مراحل التصنيع، من خلال إجراء اختبارات على الجودة مثل:

- اختبار تلوث الزيت
- تنظيف قضبان التسليح وصنفرتها باستخدام حبيبات حديدية
- اختبار تلوث الشريط الخلفي
- اختبار كبريتات النحاس
- قياس سطح قضبان التسليح.
- قياس درجة حرارة سطح قضبان الحديد باستخدام مقاييس غير كبريتية حساسة للحرارة، ومقياس الحرارة تحت الحمراء.

ويتم اختبار حديد التسليح المغلفة بالإيبوكسي لتحديد مؤثرات الجودة التالية:

- الكشف عن فراغات في التغليف باستخدام جهاز كشف الفراغات.
- سماكة التغليف.
- \* مرونة التغليف بأختبار الثني لغاية 180 درجة.

فحص سطح الحديد

فحص سماكة التغليف

*Hand Held Holiday Detector*



جهاز يدوي للكشف عن فراغات التغليف.

*180° Bend Test*



اختبار الإنثناء 180 درجة

*Surface Profile of Abrasive Blast - Cleaned Steel Using a Replica Tape*



إختبار خلو سطح الحديد من الشوائب

*Cathodic Disbondment Test*



اختبار الحماية الكاثودية ضد التآكل

The quality management system of Q-Coat complies with ISO 9001:2008 standards applicable to the manufacture of Fusion Bonded Epoxy Coated Re-bars (FBECR).

إن نظام إدارة الجودة في شركة كيوكوت يتطابق مع معايير ومواصفات آيزو 9001:2008 التي تطبق على مصنعي قضبان الحديد المغلفة بالإيبوكسي.



المعايير الدولية لمنتجات حديد التسليح المغلف بمادة الإيبوكسي، ومعدلات كيوكوت

## International Standard of FBECR & Q-Coat Average

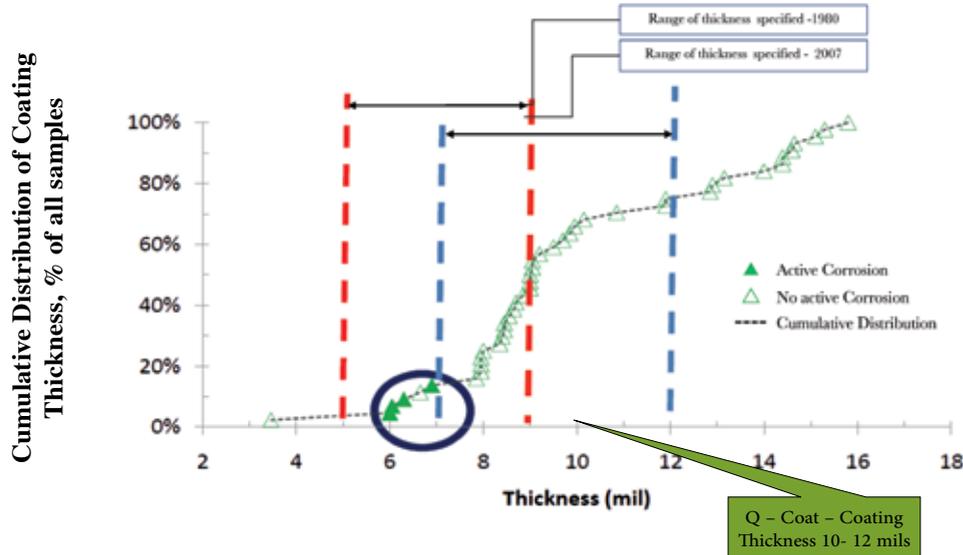
Parameter	ASTM A775 :2017	BS ISO 14654:1999	Q – Coat (as per CRSI)
<b>Bar Anchor Profile</b>	1.5 - 4 Mils	1.96-2.75 mils	2.0-4.0 mils
<b>Coating Thickness</b>	7-12 mils [8-16mm] 7-16 mils [18-40 mm]	7 - 12 mils	10-12mils (250 – 300 microns)
<b>Coating Holidays</b>	3 holidays/m(max)	4 holidays/m(max)	3 holidays/m (max)
<b>Coating Flexibility</b>	180° bent using 8D	180° bent using 4D & 6D	Complying with both standards
<b>Cathodic Disbondment Test</b>	Not Applicable	Average Disbondment Radius of Three Coated Steel Reinforcing bars shall not exceed 2mm.	Average Disbondment Radius of Three Coated Steel Reinforcing bars shall not exceed 2mm - 4mm.
<b>Bond strength with the concrete</b>	Shall not be less than 85 % of the uncoated bars.	Shall not be less than 85 % of the uncoated bars.	Improved with 20 bars. 85 % of the uncoated bars

تأثير سماكة التغليف على تآكل قضبان التسليم المغلفة بالايوكسي

## Effect of Coating Thickness on Corrosion of ECR

المرجع : دراسة على حالة أسطح الجسور في ولاية فيرجينيا الغربية التي تم إنشاؤها في عام 2009 باستخدام قضبان التسليم المغلفة بالايوكسي

Reference: WJE, Condition Survey of West Virginia Bridge Decks, constructed with ECR, 2009



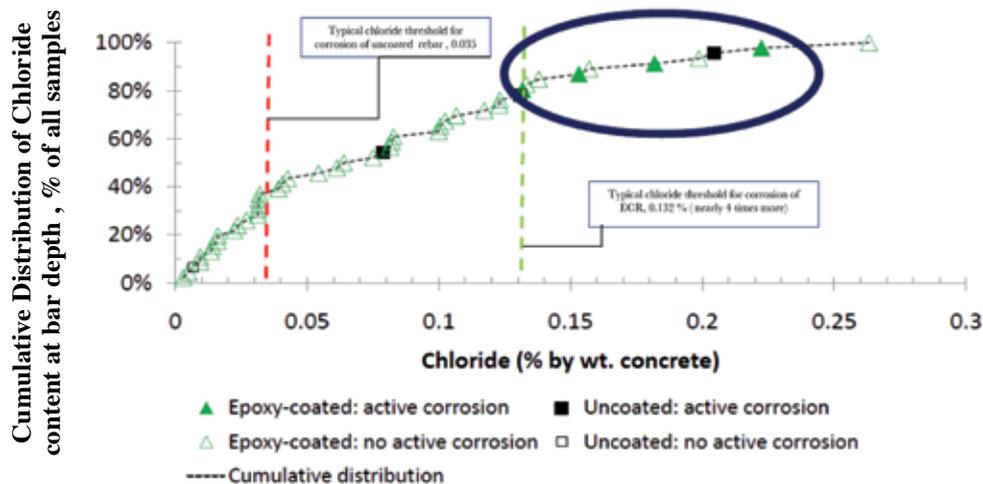
Actively Corroding Bars have Less Coating Thickness (<7 mils)

قضبان الحديد التي تعرضت للتآكل بشكل كبير كانت سماكة تغليفها أقل من ( ٧ mils )

## Effect of Chloride Concentration in Concrete on Corrosion of ECR compared to Black Rebar

Reference: WJE, Condition Survey of West Virginia Bridge Decks, constructed with ECR, 2009

تأثير تركيز الكلوريد في تصدع الخرسانة التي تحتوي على قضبان حديد التسليم المغلف بالايوكسي بالمقارنة مع قضبان التسليم السوداء. المرجع : استبيان الرأي حول اسطح الجسور في غرب ولاية فيرجينيا والتي تم إنشاؤها في عام 2009 باستخدام قضبان التسليم المغلفة بالايوكسي





## Benefits of using FBECR

Fusion bonded epoxy coated rebars (FBECR) manufactured by Qatar Metals Coating Company (Q-Coat) have successfully been used in a wide range of industrial, commercial and residential concrete structures for both the public and private sectors in Qatar and other GCC countries.

Significant benefits of using FBECR include:

**Cost:** Q-Coat epoxy coated FBECR do not require any change in design or quantities. The cost associated with their use does not exceed 1% of the total cost of the concrete structures. This proportional cost is even more insignificant when compared to the required repair or replacement cost incurred due to corrosion damage.

**Life Expectancy of Construction:** FBECR prolongs the life expectancy of a concrete structure between 7 to 15 times compared to uncoated rebar's.

**GCC Environment:** Perfect solution for GCC coastal structures subject to high heat, humidity and salinity.

**Repair and protection:** Q-Coat provides special patch paint to protect rebar ends after cutting and also supplies PVC tie wire for fixing.

**Supervision:** Q-Coat offers its clients comprehensive site supervision services on request.

**Handling advice:** Q-Coat provides clients with a special leaflets that offers advice and guidance for the correct handling of the epoxy coated rebar on site.

## مزايا قضبان التسليح المغلفة بمادة الإيبوكسي

إن قضبان التسليح المغلفة بالإيبوكسي التي تقوم بتصنيعها شركة قطر لتغليف المعادن (كيو-كوت) قد تم استخدامها بنجاح في العديد من المنشآت الصناعية والتجارية والسكنية في القطاعين العام والخاص في دولة قطر وفي دول مجلس التعاون الخليجي.

وتشمل مزايا استخدام قضبان التسليح المغلفة بمادة الإيبوكسي ما يلي :

**التكلفة :** إن قضبان التسليح المغلفة بمادة الإيبوكسي لا تتطلب أي تغيير في التصميم الهندسي أو كمية الحديد اللازمة، وبالتالي فإن التكلفة المرتبطة باستخدامها لا تتجاوز 1 % من التكلفة الإجمالية لهيكل المبنى أو المشروع، وهذه التكلفة لا تكاد تذكر مقارنة بتكاليف الإصلاح أو الاستبدال اللازمة نتيجة الأضرار الناجمة عن تآكل القضبان غير المغلفة بمادة الإيبوكسي.

**العمر الافتراضي للمنشأة :** إن استخدام قضبان التسليح المغلفة بمادة الإيبوكسي من قبل شركة كيوكوت يمكن أن يساعد على إطالة العمر الافتراضي للمباني الخرسانية بمقدار 7-15 مرة مقارنة بقضبان التسليح العادية.

**بيئة دول مجلس التعاون الخليجي:** تعتبر قضبان التسليح المغلفة بمادة الإيبوكسي الحل الأمثل للمباني والمنشآت الساحلية في دول مجلس التعاون الخليجي والمعرضة لارتفاع الحرارة والرطوبة وزيادة الملوحة.

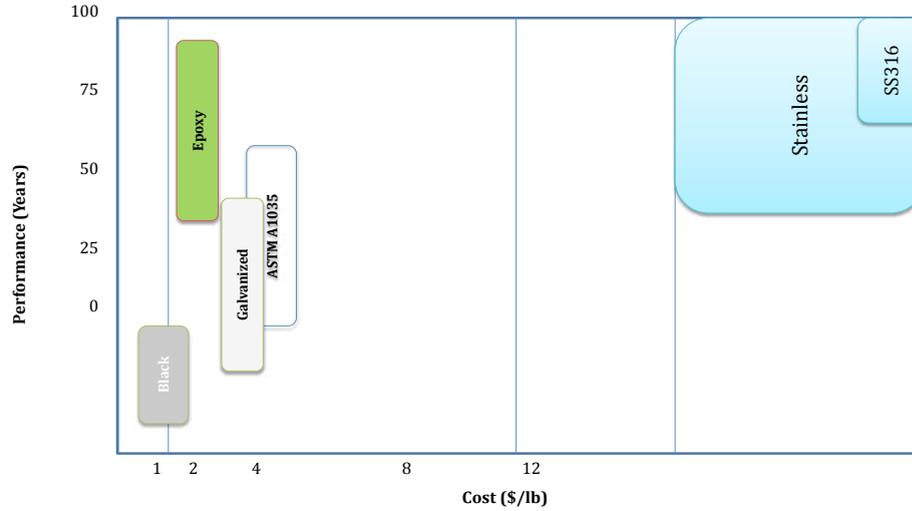
**التصليحات والحماية :** تقوم شركة كيوكوت بتوفير طلاء إيبوكسي خاص لحماية نهايات قضبان التسليح بعد قطعها، كما توفر أسلاك ربط مغلفة بمادة بلاستيكية عازلة مصنوعة من (PVC).

**الإشراف :** توفر شركة كيوكوت لعملائها خدمات الإشراف في الموقع عند الطلب.

**إرشادات المناولة :** تزود شركة كيوكوت العملاء بكتيب خاص يحتوي على نصائح وإرشادات عامة للمناولة الصحيحة لقضبان التسليح المغلفة بمادة الإيبوكسي في الموقع.

تحليل التكاليف المنخفضة لتغليف قضبان التسليم بمادة الإيبوكسي

## Cost Effect Analysis of FBECR



تغليف قضبان التسليم بالإيبوكسي ذو التكلفة المنخفضة يؤمن حمايتها من التآكل  
FBECR Provides Cost Effective Corrosion protection.

## دراسة حالة - تطبيقات قضبان التسليم المغلفة بمادة الإيبوكسي - الدوحة - قطر Case Studies – Q-Coat FBECR Applications at Doha, Qatar



مول سيتي سنتر  
City Center Mall



متحف الفن الإسلامي  
Museum of Islamic Art



منتزة كهرماء  
KAHRAMAA Awareness Park



مشروع الخزانات الكبرى لتأمين المياه (كهرماء)  
KAHRAMAA Mega Water Reservoir



شركة قطر للاسمدة الكيماوية (قافكو)  
QAFCO



سوق واقف (الوكرة)  
Souq Waqif Al-Wakrah

## Research on Corrosion Performance of Epoxy Coated Rebar

Extensive research was conducted for a period of two years by Qatar University to evaluate the performance of Epoxy Coated Rebar (ECR) in a simulated corrosive environment.

'U' shaped rebar samples from three different categories i.e. Black bar (BB), Epoxy Coated Rebar (ECR) and Epoxy Coated Rebar with Controlled Damage (ECRCD) were placed in concrete blocks (300 mm x 230 mm x 70 mm) with a cover thickness of 25mm.

These nine concrete blocks were submerged in sea water contained inside a temperature controlled salt spray chamber emulating Mari-time conditions in the GCC. U shape bent was provided to observe the effect of induced stress on corrosion behaviors.

The following wetting and drying cycles were performed:

- Three (3) days of heating and drying at a target temperature of 52°C,
- Followed by four (4) days of ponding under sea water at 16 -27°C, for twelve (12) weeks.
- Continuous ponding under sea water at target of 32 °C, for 12 weeks.
- This 24 week cycle is repeated 4 times for a total test period of 96 weeks (two years)

The continuous wetting and drying cycles enable chloride penetration at concrete surface, eventually reaching the surface of the rebar.

## بحث حول أداء قضبان التسليح المغلفة بالايوكسي ضد التآكل

قامت جامعة قطر بإجراء أبحاث مستفيضة خلال سنتين على كتل خرسانية لتقييم أداء قضبان حديد التسليح المغلفة بالايوكسي في بيئة تحاكي البيئة المسببة لتآكل الخرسانة.

وقد أجريت التجارب على كتل خرسانية تحتوي على ثلاث عينات من حديد التسليح على شكل حرف (U): قضبان حديد سوداء/عادية (BB)، وقضبان مغلفة بمادة الإيوكسي خالية من الأضرار (ECR)، وقضبان مغلفة بمادة الإيوكسي بها أضرار (ECRCD).

وضعت العينات في كتل خرسانية بقياس (300 مم \* 230 مم \* 70 مم) بسماكة غلاف تصل إلى 24 مم وتم غمس الكتل الخرسانية التسعة بماء البحر في حجرة تحتوي على أملاح في محاكاة للظروف التي تتعرض إليها الخرسانة في البيئة الخليجية الرطبة.

وتم إجراء الدورات التالية في التبليل والتجفيف :

- 3 أيام من التسخين والتجفيف بدرجة حرارة مستهدفة تصل إلى 52 مئوية.
- أعقبها 4 أيام من الغمس في ماء البحر بدرجة حرارة تتراوح من 16 - 27 مئوية لمدة 12 اسبوع.
- ثم استمر وضع العينة في ماء البحر بدرجة حرارة مستهدفة 32 مئوية لمدة 12 اسبوعاً.
- تكررت هذه الدورة (مدة 24 اسبوع) 4 مرات خلال فترة اختبار تصل إلى 96 اسبوعاً (2 سنة)

إن الدورات المستمرة في التبليل والتجفيف تساعد على اختراق الكلورايد لسطح الخرسانة، وفي نهاية المطاف وصوله إلى سطح قضبان الحديد.



Fig 1. Salt Spray Chamber

الشكل ( 1) حجرة رش الملح

Fig 2. Submerged Concrete



الشكل 2. كتل الخرسانة المغمورة في مياه البحر

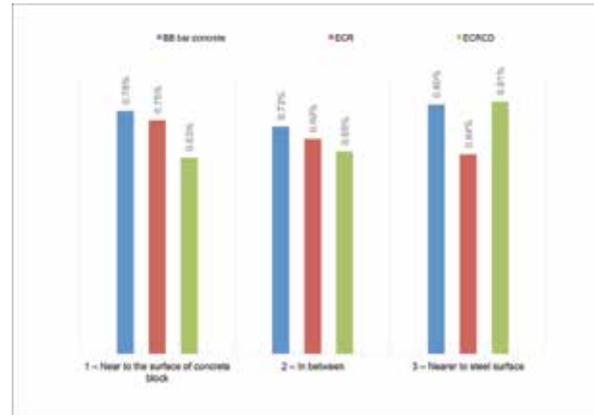
### Chloride Profile Test

The chloride contents were measured at different depths up until the surface of rebar samples according to BS 1881 Part 124. As shown in Figure 3, the chloride profile threshold (0.14% by weight of concrete sample) for the initiation of corrosion in black bars has mostly been surpassed by at least 6 times than 0.14%. Yet there are no signs of corrosion on ECR or ECRCD!

### اختبار الكلورايد:

تم قياس كمية الكلورايد في أعماق مختلفة في كافة الكتل الخرسانية حتى سطح عينات قضبان الحديد. للكتلة BS 1881 الجزء 124. كما هو مبين في الشكل (3) كان تركيز الكلورايد 0.14% من وزن عينة الخرسانة. وكان التآكل الذي لحق بالقضبان السوداء في الكتل الخرسانية التي أجريت عليها الدراسة أعلى بـ 6 مرات على الأقل، بنسبة 0.14% من وزن عينات الكتل الخرسانية. ومع ذلك لم يكن هناك تآكل في عينتي قضبان التسليح المغلفة بمادة الإيبوكسي السليمة (ECR) أو قضبان التسليح المغلفة بمادة الإيبوكسي المتضررة (ECRCD).

Fig 3. Chloride Profile in Concrete Blocks.



الشكل (3): تركيز الكلورايد في الكتل الخرسانية

### Half Cell Potential Test

The half-cell potential of rebar samples were measured using Giatec Half-cell equipment. It was observed that the potentials for black bar concrete samples were electronegative in the range of -600 mV/SCE where the probability of corrosion is above 90 %.

On the contrary, the potentials measured in concrete blocks with epoxy coated rebar's were less than -300 mV/SCE showing no visible corrosion.

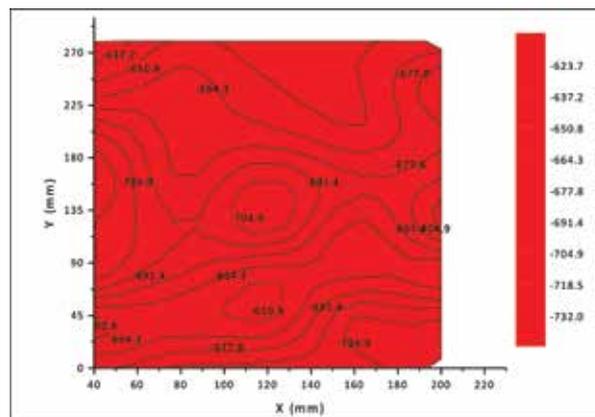
### اختبار الخلايا النصفية (HCP)

تم قياس مقاومة الخلايا النصفية لقضبان الصلب (HCP) باستخدام معدات قياس الخلايا النصفية. ولوحظ أن الخرسانة التي تحتوي على عينة القضبان السوداء/العادية كانت سلبية اللالكترونات في مدى 600 mV/ CSE. وقد زادت احتمالية التآكل بنسبة 90%.

وعلى العكس، فإن المقاومة التي تم قياسها في الكتل الخرسانية التي تحتوي على قضبان التسليح المغلفة بالإيبوكسي أقل من 300 فولت / mV/ CSE. ولم تظهر أي تآكل واضح عليها.

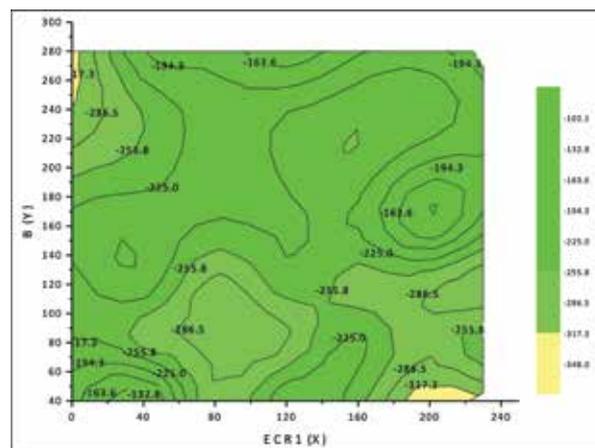


Fig 4. Half-Cell Potential at Steel Surface of Black Bars with Visible Corrosion at Bent Portion. (Potential is in mV)



الشكل 4. مقاومة الخلايا النصفية للسطح الفولاذي للقضبان السوداء/ العادية مع التآكل الظاهر في الجزء المنحني (المقاومة mV)

Fig 5. Half-Cell Potential of a Concrete Block with an Epoxy Coated Steel Bars without any Corrosion (Potential is in mV)



الشكل (5): مقاومة الخلايا النصفية للكتلة الخرسانية التي تحتوي على قضبان التسليح المغلفة بمادة الإيبوكسي بدون أي تآكل (مقاومة mV)

Table 1. Half-Cell Potential Values for Corrosion Conditions

Open Circuit Potential (OCP) Values		Corrosion Conditions
mV vs. SCE	mV vs. SCE	
< -426	< -500	Severe Corrosion
< -426	< -350	High (< 90% risk of corrosion)
-126 to -275	-200 to -350	Intermediate corrosion risk
> -125	> -200	Low (10% risk of corrosion)

الشكل (3): تركيز الكلورايد في الكتلة الخرسانية



### Visual Inspection

The U bent portion of BB-1, BB-2 and BB-3 were severely corroded. On the other hand zero corrosion was observed on the ECR and ECRCD.

الفحص المرئي  
الجزء المنحني U من عينات قضبان الحديد (BB-1, BB-2 & BB-3) قد تعرض للتآكل بشكل حاد. ومن جهة أخرى لم يلاحظ أي تآكل على عينتي قضبان التسليح المغلفة بالأيوكسي (ECR & ECRCD)

Fig 6. Outside Surface of Concrete Block with Black Bar



الشكل (6): السطح الخارجي لكتلة خرسانية تحتوي على قضبان سوداء/عادية.

Fig 7. Inside Surface of Concrete Block with Black Bar after Breaking



الشكل (7): السطح الداخلي لكتلة خرسانية تحتوي على قضبان سوداء/عادية بعد تصدعه

Fig 8. The U Bent Portion of Steel Bars Suffered Heavy Corrosion



الشكل (8) : الجزء المنحني على شكل (U) من قضبان التسليح العادية/الغير مغلفة بمادة الأيوكسي وهي معرضة لتآكل شديد.

Fig 9. After Breaking Concrete Block with ECR



الشكل 9. بعد تصدع كتلة الخرسانة المحتوية على قضبان التسليح المغلفة بمادة الإيبوكسي

Fig 10. Retrieved ECR  
Fig 11. Retrieved ECRCD



الشكل 10. استرجاع قضبان التسليح المغلفة بمادة الإيبوكسي  
الشكل 11. استرجاع قضبان التسليح المغلفة بمادة الإيبوكسي

#### Knife Peel off Test (Coating Adhesion Test)

The epoxy coating of ECR and ECRCD was intact strongly as it was hard to cut through it and no color change was observed despite two years of submergence. The surface of the steel was shiny underneath the epoxy coating and no signs of corrosion were witnessed.

اختبار قشر بالسكين (اختبار تماسك التغليف)

ثبت أن التغليف بالإيبوكسي من ECR و ECRCD كان متماسكاً بشكل جيد ، ولم يلاحظ أي تغير في لون التغليف بعد سنتين من غمسه بالماء. وكان سطح الصلب لامعا تحت طلاء الإيبوكسي، ولم يلاحظ أي علامة على التآكل.

Fig 12. No Sign of Corrosion Underneath the Epoxy Coating

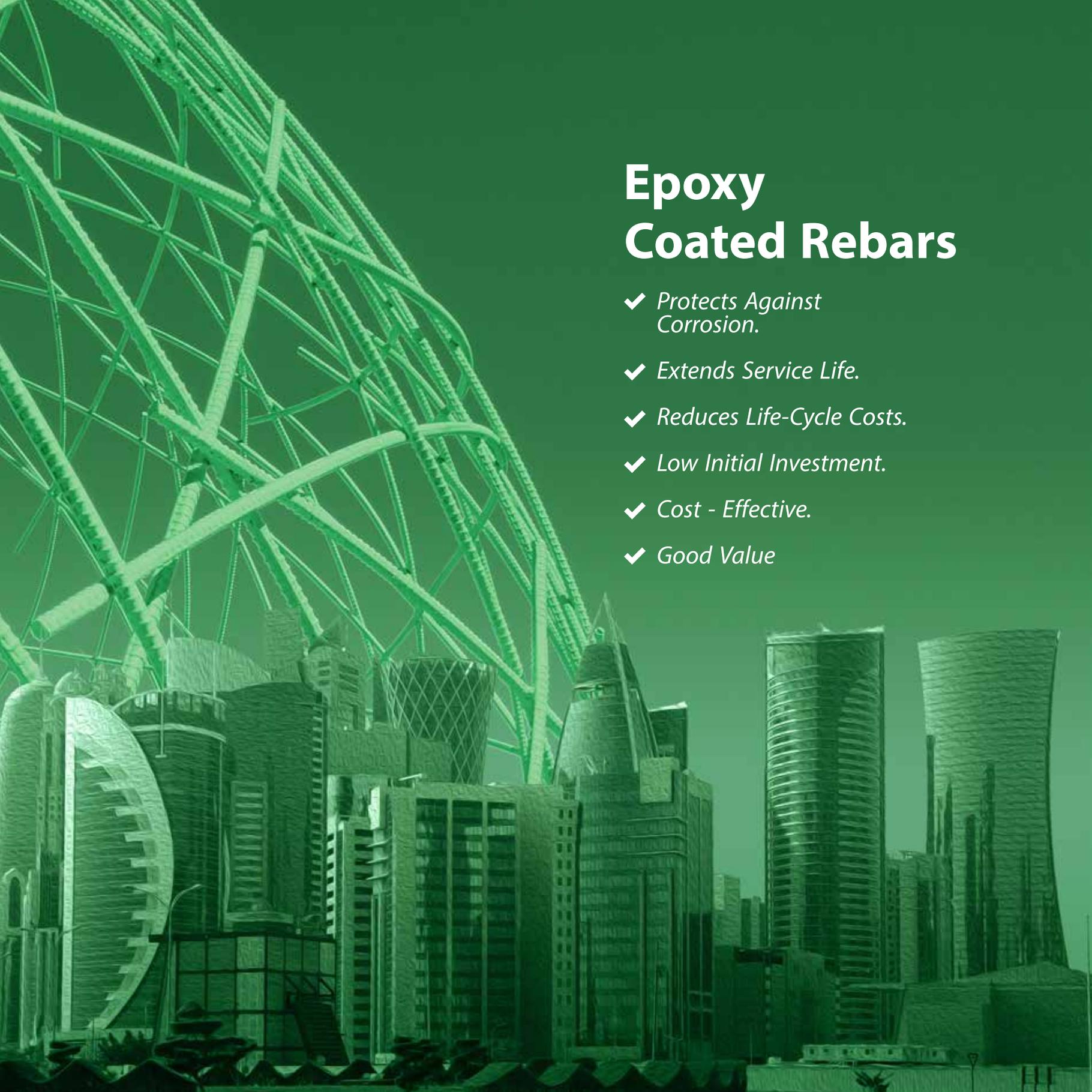


الشكل 12. لا يوجد تآكل تحت طلاء الإيبوكسي

Research conducted by Qatar University confirms that there are no corrosion related issues with Epoxy Coated Rebar manufactured at Q-Coat. ECR performs exceptionally well in aggressive marine environment in comparison to black bar by providing benefits such as enhanced service life and reduced repair cost, hence, benefiting the economy of the country.

إن الأبحاث التي أجرتها جامعة قطر تؤكد بأنه لا توجد أية إشكالات تتعلق باستخدام قضبان حديد التسليح المغلف بالإيبوكسي التي تصنعها شركة كيوكوت. وإن هذه القضبان تعمل بشكل ممتاز للغاية في البيئة البحرية، مقارنة مع قضبان التسليح السوداء ، وتوفر مزايا أخرى. على سبيل المثال، فترة خدمة طويلة، وتكاليف إصلاح منخفضة، مما يساهم في دعم اقتصاد البلاد.





# Epoxy Coated Rebars

- ✓ *Protects Against Corrosion.*
- ✓ *Extends Service Life.*
- ✓ *Reduces Life-Cycle Costs.*
- ✓ *Low Initial Investment.*
- ✓ *Cost - Effective.*
- ✓ *Good Value*



قضايا التسليم المغلفة بمادة

# الإيبوكسي الحل الدائم لتصدع الخرسانة



شركة قطر لتغليف المعادن ذ.م.م.  
QATAR METALS COATING COMPANY W.L.L.

P.O. Box: 50090, Mesaieed, State of Qatar

Tel.:+974 44576687 / 44576689 - Fax:+974 44576650

[www.qcoat.com.qa](http://www.qcoat.com.qa)