# زنگ خورده گی سیخ گول ساختمانی و حُدود قبولی آنها

انجنیر نادر پیشتاز

# زنگ خورده گی یا زنگ سطح سیخ گول ساختمانی

قبل ازآنکه درمورد زنگ خورده گی سیخ یا حدود قبولی زنگ سیخ گول مناسب استفاده درساختمان های آهن کانکریتی صحبتی شود، بایست مختصر نظری به ترکیب کیمیاوی ساختمانی و تولید آن که درکوره های ذوب آهن صورت می گیرد باندازیم .

سیخ گول که اساساً ازعنصرآهن ذوب شده ساخته می شود دارای چندین عنصراضافی دیگر می باشد که خصوصیت فزیکی استفاده آنرا درساختمان ها مشخص می سازد و این اضافه کننده ها تقریباً 11 تا 12عنصر دیگرمی باشد. هر کشور، استندرد های خود را در تزید یا تقلیل این عناصراضافی مطابق ضرورت های منطقوی ، انجنیری و تکنالوژیک خود بوجودآورده و آنرا شامل نورم واستندرد کشوری خود می سازند.

ازآنجائیکه ایالات متحده امریکا دارای هر نوع اقلیم ، ساختمان جیلوجیکی، زون های مختلف زلزلوی، آبهای شور، آبهای شرین و سلفوریک است استندرد های آنرا درمواد ساختمانی مانند سیخ گول، سمنت و انگل ایرن معمولآ کشور های دیگربا یک سلسله تعدیلات مورد پذیرش قرارداده و شامل نورم و استندر های خود می سازند و یا نسخه یا رهنمود های مشابهٔ رابوجود می آورند. بنا برآن گفته میتوانم که ستندرد سیخ گول و سمنت امریکا میتواند درتمام کشورها قابل استفاده باشد. دراین نوشته بحث من مطابق ستندرد امریکا خواهد بود.

درایالات متحده امریکا مقدار فیصدی عناصراضافی مختلف که درترکیب کیمیاوی تولید سیخ گول ساختمانی مطابق ASTM (American Standard Testing Material) بکار برده می شود ، در جدول ذیل برای سیخ های استندرد معمولی و قابل ولدنگ نشان داده شده است. خاطرنشان باید کرد که این جدول برای سیخ #7 که تقریباً سایز وسطی درجدول سیخ های استندرد است ترتیب داده شده است.

## جدول 1: تجزیه و تحلیل کیمیاوی سیخ گول

| Material Grade | Rebar Size | Chemical Analysis (Percent) | | | | | | | | | | | | Preheat Temp. °F (°C) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | C | Mn | P | S | Si | Cu | Cr | Ni | Mo | Cb | V | CE | |
| ASTM A615 | #7 | 0.39 | 1.00 | 0.018 | 0.037 | 0.21 | 0.39 | 0.20 | 0.13 | 0.038 | 0.00 | 0.00 | 0.56 | 200 (90) |
| ASTM A706 | #7 | 0.28 | 1.18 | 0.028 | 0.028 | 0.17 | 0.29 | 0.19 | 0.09 | 0.02 | 0.00 | 0.24 | 0.48 | 50 (10) |

Sample mill test report data with calculated CE numbers and minimum preheat and interpass temperatures from Table 5.2 of AWS D1.4.

---

دراین جدول ، دو کلاس (درجه) یا (Grade) سیخ گول ستندرد نشان داده شده است:
در سطراول ، سیخ کلاس A615 (سیخ معمولی) و در سطر دوم سیخ کلاس A706 (سیخ قابل ولدنگ ) مشخص شده است. مقدارعناصراضافی به فیصدی نشان داده شده است.
در ستون راست جدول، مقدار حرارتی نشان داده شده که بایست سیخ گول قبل از ولدنگ به همان مقدار گرم ساخته شود درغیر آن کرستلایز شده و خیلی شکنند میشود. بنابرآن اگر ضرورت باشد که سیخ کلاس A615 با یک پارچه فلزی یا سیخ دیگرولدنگ شود بایست قبل ازآن به مقدار90 درجهٔ سانتی گرید یا 200 درجهٔ فارنهایت گرم ساخته شود، در حالیکه سیخ کلاس A706 درحرارت عادی قابلیت ولدنگ را داشته

وضرورت به گرم کردن ندارد.

## جدول 2 : سایزهای ستندرد سیخ گول امریکا

**ASTM A615 CHART FOR REINFORCING STEEL BARS**

| Inch-Pound Bar Size Designation | Nominal Weight lb./ft. | (kg/m) | Nominal Dimensions: Diameter in. | (mm) | Cross Sectional Area in² | (mm²) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| #3 | 0.376 | (.560) | 0.375 | (9.5) | 0.11 | (71) |
| #4 | 0.668 | (.994) | 0.500 | (12.7) | 0.20 | (129) |
| #5 | 1.043 | (1.552) | 0.625 | (15.9) | 0.31 | (200) |
| #6 | 1.502 | (2.235) | 0.750 | (19.1) | 0.44 | (284) |
| #7 | 2.044 | (3.042) | 0.875 | (22.2) | 0.60 | (387) |
| #8 | 2.670 | (3.974) | 1.000 | (25.4) | 0.79 | (510) |
| #9 | 3.400 | (5.060) | 1.128 | (28.7) | 1.00 | (645) |
| #10 | 4.303 | (6.404) | 1.270 | (32.3) | 1.27 | (819) |
| #11 | 5.313 | (7.907) | 1.410 | (35.8) | 1.56 | (1006) |
| #14 | 7.65 | (11.39) | 1.693 | (43.0) | 2.25 | (1452) |
| #18 | 13.60 | (20.24) | 2.257 | (57.3) | 4.00 | (2581) |

**ASTM A615M CHART FOR REINFORCING STEEL BARS**

| Metric Bar Size Designation | Nominal Mass kg/m | Nominal Dimensions: Diameter mm | Cross Sectional Area mm² | Comparison To A615 Based On Bar Area |
|---|---|---|---|---|
| 10M | 0.785 | 11.3 | 100 | 22% < #4 |
| 15M | 1.570 | 16.0 | 200 | SAME AS #5 |
| 20M | 2.355 | 19.5 | 300 | 6% > #6 |
| 25M | 3.925 | 25.2 | 500 | 2% < #8 |
| 30M | 5.495 | 29.9 | 700 | 9% > #9 |
| 35M | 7.850 | 35.7 | 1000 | 1% < #11 |
| 45M | 11.775 | 43.7 | 1500 | 3% > #14 |
| 55M | 19.625 | 56.4 | 2500 | 3% < #18 |

**UNIT CONVERSIONS**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 kilogram (kg) | = | 2.2046 lb. | 1 kilogram/meter (kg/m) | = | .6719 lb./ft. |
| 1 millimeter (mm) | = | .03937 in. | 1 metric ton | = | 1000 kg |
| 1 meter (m) | = | 3.281 ft. | | = | 2204.6 lb. |
| 1 square millimeter (mm²) | = | .00155 in.² | 1 megapascal (MPa) | = | 1 Newton/mm² |
| | | | | = | 145.03 psi |

**حالا ترکیب کیمیاوی سیخ گول ساختمانی را مورد ارزیابی قرار می دهم.**

---

معمولاً سیخ های گول که در آهن کانکریت استفاده می شوند بنام (Carbon steel) یا فلز کاربنی یاد می شوند.
چنانچه در جدول1 نشان داده شده است ،علاوه ازآهن که عنصر اصلی سیخ می باشد 12 عنصر اضافی دیگرنیز درترکیب کیمیاوی آن وجود دارد که مهمترین آنها کاربن می باشد که به همین دلیل سیخ ساختمانی را بنام کاربن ستییل یا فلزکاربنی یاد می کنند. اهمیت این اضافه کننده ها قرارذیل می باشند:

C– عنصرکاربن ، سبب سختی ، مقاومت ، قابلیت ولدنگی و شکننده گی سیخ گول می شود. مقدار زیاد کاربن مقاومت کششی وفشاری فلز را بالا می برد در حالیکه مقدار کمتر از 0.1% مقاومت آنرا تقلیل می دهد. همچنان مقدارکاربن اضافه تراز 0.3% قابلیت ولدنگ آن را از بین برده وفلز را شکننده می سازد.

Mn – عنصرمنگنیز سبب تزئید قابلیت سختی و مقاومت کششی فلز می شود ،درعین حال قابلیت نرخ سرد شدن بحرانی فلز را در هنگام سخت شدن آن در کورۀ ذوب تقلیل می بخشد.

S – عنصر سلفرو عنصر Si - سلیکان هر دو برای سهولت تولید سیخ گول دراثنای ریخت و شکل دادن آن استفاده می شوند .

P - عنصر فاسفورس در بلند بردن مقاومت و شکننده گی وهمزمان بلند رفتن مقاومت فلزدرمقابل زنگ خوردن سهم ایفا می نماید.

Cu – عنصر مس ، عنصر Cr – کروم وعنصر Ni - نکل هر سه جهت بلند بردن مقاومت سیخ در مقابل زنگ خورده گی استفاده می شوند.

Mo – عنصر مولبدینیوم همچنان برای بلند بردن سختی ، مقاومت و تزئید قابلیت زنگ خورده گی استفاده می شود.

V - عنصرونادیوم در تزئید مقاومت ، سختی و قابلیت خزیدن فلز نقش ایفا می نماید.

**Carbon Equivalent - CE** یا معادل کاربن که مشخصه سختی ، کشش، مقاومت و قابلیت ولدنگ است از فورمول ذیل دریافت می شود:

$$CE = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

انجنیرکه دیزاین پروژه به نام وی ثبت است اولین چیزی را که بایست درسند Certification فابریکۀ تولید سیخ گول ملاحظه نماید،همان نمبر**Carbon Equivalent -CE** است (به جدول 1) مراچعه شود.

علاوازاستفادۀ عناصراضافی جهت بلند بردن قابلیت مقاومت سیخ مقابل زنگ خورده گی، قشرنازکی کیمیاوی دیگری که بنام Mill Scale یا قشرمحافظوی یاد می شودنیزبالای سطح سیخ اضافه می گردد.

خاطرنشان بایدساخت که توضیح بالا صرف بخاطری مطرح گردید که دیده شود که درترکیب کیمیاوی سیخ گول عناصری اضافه می شوند که رول مهمی را درتقلیل قابلیت زنگ خورده گی سیخ ایفا می نمایند، اما با آن هم از آنجایکه عنصر اصلی سیخ گول آهن می باشد، لهذا طبیعتاً درمجاورت هوا (اکسیجن ) ورطوبت، عمل **oxidation** صورت گرفته و سبب تشکیل **oxide** یا زنگ بالای سطح سیخ گول می گردد.

کشورهای مختلف نظر به شرایط اقلیمی مقداراضافه کننده ها را تعدیل نموده و با شرایط خویش سازگار می سازند.

## Mill Scale یا قشرمحافظوی سیخ از زنگ خورده گی:

درفاریکه های تولید سیخ گول ساختمانی یک قشری نازکی بنام Mill Scale (قشرمحافظوی اوکسایدی) جهت جلوگیری ازسرعت زنگ خوردگی بالای سطح سیخ اضافه می گردد.Mill Scale عبارت از پوسته یا ورقهٔ است که درجریان تولید گرم سیخ درسطح محیطی ان اضافه شده و شامل ترکیبات اکساید های آهن مانند :

$$F_{e\,3}\,O_4 \text{ و } F_{e_2}O_3 \text{ ، } Fe\,O$$

می باشد. سیخ تازه تولید شده دارای رنگ سیاه متمایل به فولادی سیاهی داراست (تصویر1 ) . قشرمحافظوی به ضخامت کمتراز 0.1 mm = 0.0039 in می باشد وسیخ را از زنگ خوردگی اتموسفریک حفاظت می نماید ، اما درجریان انتقالات ، قطع وقات کردن و سایده گی به هم دگر ، شکستگی ها درآن ها بوجود آمده وسبب سرعت زنگ خوردگی سیخ می شود.

تصویر1- سیخ تولید شده تازه با Mill Scale یا قشری محافظوی

## نوت :

Engineer of Record یا انجنیر ثبت شده (دیزاین کننده ) ساختمان آهن کانکریتی بایست قبل از استفادهٔ سیخ درساختمان سند Certification یا تصدیق نامه سیخ را که از طرف موسسهٔ تولید کننده سیخ به موسسه ساختمانی تقدیم می گردد ملاحظه نموده ومطمئن گردد که مشخصات سیخ، مورد قبول و مطابقت با کُدی دارد که دیزاین ساختمان به اساس آن صورت گرفته است. چنین اسناد یا تصدیق نامه ها جزٔ اسناد ساختمانی بوده و بعد از تکمیل پروژه بصورت دایمی نگهداری می شوند. درصورت بروز حادثات و صدمات در ساختمان این اسناد مورد برسی قرارگرفته و اولین مشخصاتی که به آن نظراندازی می شود فیصدی های مقدار کاربن C ، منگنیزMn و معادل کاربن CE است. معمولا چنین اسناد قبل ازآغاز ساختمان از طرف موسسه ساختمانی جهت تائید قانونی انجنیر تقدیم می شوند. مثال ذیل سندی است که موسسه ساختمانی از مرجع تولید کننده سیخ گول دریافت نموده و آنرا به اطلاع انجنیر رسانیده و جزاسناد دایمی پروژه نگهداری می شود.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Customer PO | 6-05413 | Sales Order # | 35005994 - 3.2 |
| Product Group | Rebar | Product # | 1050852 |
| Grade | A615 Gr 60/A706 Gr 60 | Lot # | 350000784820 |
| Size | #6 | Heat # | 3500007848 |
| BOL # | BOL-331727 | Load # | 244675 |
| Description | Rebar #6/19mm A615 Gr 60/A706 Gr 60 60' 0" [720"] 2001-6000 lbs | Customer Part # | |
| Production Date | 08/06/2019 | Qty Shipped LBS | 63448 |
| Product Country Of Origin | United States | Qty Shipped EA | 704 |
| Original Item Description | | Original Item Number | |

I hereby certify that the material described herein has been manufactured in accordance with the specifications and standards listed above and that it satisfies those requirements.

Melt Country of Origin : United States — Melting Date: 08/04/2019

| C (%) | Mn (%) | P (%) | S (%) | Si (%) | Ni (%) | Cr (%) | Mo (%) | Cu (%) | V (%) | Nb (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.28 | 1.22 | 0.019 | 0.037 | 0.19 | 0.10 | 0.17 | 0.03 | 0.35 | 0.025 | 0.002 |

ASTM A706 6.4 CE & ASTM F1554 CE (%) : 0.51

**Other Test Results**

Yield (PSI) : 67356 — Tensile (PSI) : 97028 — Average Deformation Height (IN) : 0.057

Elongation in 8" (%) : 14.1 — Bend Test : Pass — Tensile / Yield Ratio : 1.44

Weight Percent Variance (%) : -4.30

**Comments:**

ASTM A615/A615M-18 Gr 60/ASTM A706/A706M-16 Gr 60
Nucor-Seattle is ISO 9001-2015, 14001 and ABS certified. All manufacturing processes of the steel materials in this product, including melting, have occurred within the United States. Mercury, in any form has not been used in the production or testing of this material. Meets (FTA) Buy American Requirements (49 C.F.R. part 661). This material is free of HG contamination and is ROHS compliant. Manufactured in the US and complies with the Buy American Act. No weld repair was performed. Parts meet the requirements of the purchase order and have been produced under the Nucor Steel Seattle quality manual rev A5 dated 10/20/2017.

درسند فوق علاوه از ترکیب کیمیاوی سیخ، خصوصیا فزیکی آن مانند Yield ، Tensile ، Elongation ، فیصدی تفاوت وزن ، اوسط قطر سیخ ، نسبت Tensile و Yield نشان داده شده است . همچنان # Heat یعنی نمبرسایکل کوره ذوب وتاریخ تولید سیخ نیزتذکررفته.

# برسی یا تفتیش زنگ خورده گی سیخ گول ساختمانی

درجریان ساختمان ، همواره Quality Control Inspector یا مفتش کنترول کیفیت ، مشاهده زنگ سیخ را یک زنگ خطر تلقی نموده ودر موارد مختلف سبب تصامیم غیر ضروری برای اصلاح آن شده و بعضاً سبب پسمانی کانکریت ریزی و مصارف غیر ضروری می شود.

سوال های که مطرح می شوند :

1- آیا زنگ سطح سیخ سبب تقلیل چسپش کانکریت می شود؟
2- آیا موجودیت موضعی زنگ سبب تقلیل مقطع سیخ می گردد؟
3- آیا زنک سطح سیخ سبب تعامل کیمیاوی وتشکیل مالیکول های مخرب درجریان هایدریشن سمنت و بعد آن در کانکریت می گردد؟
4- آیا زنگ سیخ سهمی در درزکردن کانکریت ایفا می کند؟
5- آیا پروسهٔ زنگ زدن سیخ بعد ازریختن کانکریت ادامه پیدا می کند؟

جواب این سوالات را در ارزیابی های ذیل جستجو میکنیم:

درایالات متحدهٔ امریکا اکثراً مفتشین کنترول کیفیت درساحهٔ ساختمانی استناد به کُد ACI 301 (مشخصات ستندرد برای ساختمان های کانکریتی) می کنند که می گوید: ***در وقت کانکریت ریزی تمام سیخ ها باید عاری از موادی باشد که سبب جلوگیری از چسپش می گردند***. منظور اصلی این دستود پاک کاری ازخاک ، گِل،پارچه های مواد ساختمانی دیگر، مواد گریسی (روغنی) وغیره می باشد، اما این توصیهٔ کُد به صورت غیر مستقیم چنین تعبیرمی گردد که بایست زنگ سطح سیخ و Mill Scale (قشرمحافظوی اوکسایدی) سیخ که بعظآ تحت شرایط مختلف صدمه دیده یا ازسطح سیخ جدا شده ودراطراف آن زنگ خورده گی بوجود می آید قبل از قرار دادن یا ریختن کانکریت پاک شوند ؛ کُد درمورد اینکه آیا چه مقدار قابل قبول زنگ سطح سیخ قبل ازآنکه صدمهٔ دراجرای نقش آن در کانکریت بوجودآرد تذکری نداده است. بنا برآن اگر قضاوت درست صورت نگیرد اجرای ضرورت پاک کاری سیخ در ساحه ساختمانی صرف وقت، پسمانی پروژه ومصارف زیاد بی موجب را به بار خواهد آورد.

این یک اصل است که هرپارچه فلزآهنی یا فلزی که مقدار زیاد آهن داشته باشد طبیعتاً در مجاورت هوای اتموسفیریک ومرطوب زنگ می زند. بنا برآن هر فلز ساده از جمله سیخ گول ساختمانی سیاه درهوای طبیعی بعد از یک مدتی به رنگ زرد یا سرخ (قرمزی) خیره در سطح خود لکه های زنگ پیدا می کند. ازجانب دیگر زنگ خورده گی ضخیم سطح سیخ یک پروسه خیلی بطی و طویل می باشد و چندین سال را دربر می گیرد تا که سطح عریان سیخ درهوای آزاد یا مرطوب یک قشرضخیم زنگ را تشکیل دهد که درنتیجه سبب ازدست دادن فیصدی قابل ملاحظهٔ وزن و متناسبأ مساحت مقطع آن شود.

سیخ های که زنگ خورده گی شدید آنها سبب ایجاد خالیگاه های موریانه خورباشند ، وقتی استفاده شده میتوانند که مساحت مقطع آنها بعد از پاک کاری در حدود قبولی توصیه های ASTM باشد .

باید تذکر داد که تناوب و سایکل های زیاد تغییرات اتموسفریک ( رطوبت و خشکی) سبب تسریع زنگ خوردگی می شود، ولی اگر سیخ در محوطهٔ سر پوشیده دورازاین تناوب نگهداری شود، Mill scale یا قشر محافظوی اضافه شده فابریکوی سبب نگهداری آن از زنگ خورده گی برای مدت طولانی می شود.

## دستور کُد ACI :

کُد ACI-318 تا ئید می کند که فلزات ساختمانی از جمله سیخ های گول ساختمانی دارای سطح زنگ خورده گی ،و زنگ های ناشی از صدمات یا پوست شدن قشر محافظوی ، و یا مختلط هردو بایست قناعت بخش تلقی شوند درصورتیکه اندازه های اصغری بلندی َرخ ها و وزن سیخ بعد از تست Hand-wire-brushed Test Specimen ( آزمایش تست برس فلزی دستی) مطابقت با رهنمائی ها ی ASTM داشته باشند.

## قبولی زنگ خورده گی:

سنجش میزان زنگ خورده گی سیخ ساختمانی برای آهن کانکریت اعمال یک قضاوت است مخصوصأ زمانیکه ازموضع یک مفتش کیفیت ساختمانی صورت گیرد، اما قبولی نهائی وضرورت اجرای پاک کاری آنها یک تصمیم انجنیری است که باید براساس دانستنی های علمی میتالورجیک (Metallurgic) و با درنظرداشت ضریب یا فکتورهای ایمنی و کُد اجرائي منطقه استوار باشد. بنا برواقعیت های عملی باید در نظرداشت که اززمانی که سیخ تولید شده از فابریکه انتقال داده می شود؛ تا زمانیکه ذخیره می گردد ؛ درساحه یا شاپ قطع و قات می گردد و بعد درساختمان بسته کاری و نصب می گردد، زنگ خورده گی آن باید به حیث یک پدیدهٔ نورمال درنظر گرفته شود.

توضیحات وروشن سازی های آتی پیرامون این موضوع میتواند به حیث روش وارزیابی حدود قبولی زنگ خورده گی سطح سیخ ساختمانی مورد تأمل قرارگیرد.

زنگ خورده گی سیخ های ساختمانی به سه گروپ ذیل تقسم می شود:

## 1- زنگ خورده گی خفیف:

این زنگ خورده گی ها موضیعی بوده و بالای سطح سیخ توسط رنگ های نارنجی، سرخ خفیف ونسواری روشن ظاهر می شوند . مقدار زنگ خورده گی مربوط به ضخامت قشرمحافظوی سیخ ، شرایط رطوبت ، مجاورت با محیط و عمر سیخ می باشد. این نوع زنگ خورده گی ها درشکل یا تصویر 2 نشان داده شده است که خیلی جزئی بوده واستفاده آن در ساختمان به هیچ وجه موجب هراس نمی باشد، در حقیقت اگر زنگ بصورت محکم به سیخ چسپش داشته باشد قابلیت چسپش کانکریت را به سیخ بلند برده و پاک کردن آن به هیچ وجه لازم نمی باشد.

تصویر 2 – زنگ خورده گی خفیف که قابل قبول است

## 2- زنگ خورده گی متوسط :

تصویر یا شکل 3 زنگ خورده گی متوسط را نشان می دهد که تشکل زنگ درسطوح سیخ ها درقسمت های متوالی و طولانی تر بصورت محکم صورت گرفته و پاک کاری آن ها ازسطح سیخ به سادگی بدون استفادهَ ازبرس فلزی صورت گرفته نمی تواند. این سیخ های حلقوی تقریباً سرتا سر زنگ زده اند و زنگ خورده گی آنها سخت وچسپیده به سطوح آنها اند پوده وشکل پودری را ندارد، پس این زنگ زده گی تاثیری درخاصیت چسپیدن با کانکریت ندارند. بنا برا آن این حالت سیخ و سیخ های مشابه به آن قابل قبول مدنظر گرفته می شود.

شکل یا تصویر3 - زنگ خورده گی متوسط

## 3- زنگ خورده گی شدید سرتاسری:

Research و تحقیقات گذشته نشان داده است که تحت شرایط عادی محیطی درمدت 18 تا 24 ماه تفاوتی قابل ملاحظهٔ ناشی از زنگ خورده گی سطوح سیخ ها درمساحت مقطع ویا وزن آن ها بوجودنمی اید ، بنا برآن نباید تشویشی برای استفاده آن ها درساختمان به میان آید.

پاک کاری زنگ زده گی های شدید تا زمانیکه درسطح سیخ ورقه ها یا تیغه ها (موریانه خوری عمیق) بوجود نیایند، ضرورت نمی باشد. اما در صورت بروز ورقه ها یا تیغه های درشت بایست آنها توسط چکش های مخصوص و چوبی تراش شده واطمینان حاصل گردد که سطوح درشت آن ها و هم زنگ باقی مانده چسپیده به سطح سیخ باشد. این حالت سبب چسپش بیشتر با کانکریت گردیده و قابل اندیشه نیست ؛ به تصاویر آتی مراجعه نمائید.

تصویر4 درذیل زنگ خورده گی شدید سیخ ها را نشان میدهد که دارای درشتی های محکم و چسپیده به بدنه سیخ می باشند ، همچنان هیچ نوع تغیری دررَخ ها وصدمات عمیق دیگری درسطوح آنها وجود ندارد ، بنا برآن این حالت زنگ خورده گی سیخ قابل تشویش نبوده و استفاده آنها درساختمان به پاک کاری ضرورت ندارد.

تصویر 4 زنگ خودره گی شدید سیخ

تصاویر 5 تا 8 مثال های ازتشکل زنگ خورده گی شدید سیخ ها را نشان می دهند که سیخ ها برای مدت های طولانی درمجاورت هوای اتموسفیریک آزاد نگهداری شده اند.

تصاویر 5 و 6 حالت زنگ خورده گی سیخ های #3 درجه 60 کلاس ASTM A706 را نشان می دهند که برای مدت 20 ماه بیرون درهوای آزاد نگهداری شده اند . زنگ خورده گی های این سیخ ها سخت

ودر بدنه انها محکم چسپیده اند و به وضاحت دیده می شود که سطوح و رخ های آنها مورد صدمات ناشی از زنگ خورده گی ها قرارنگرفته اند.

تصویر 5- ازسایز کوچکترین سیخ (#3) گرفته شده که برای 20 ماه درهوای آزاد نگهداری شده و پاک کاری را ایجاب نمی کند.

شکل 6 تصویرخیلی نزدیک ازسطح سیخ #3 گرفته شده که نمایانگرچسپش محکم زنگ به سطوح وعدم صدمه رَخهای آنها می باشد.

تصاویر 7 و 8 حالات زنگ خورده گی سیخ های #9 درجه 75 کلاس ASTM A615 را نشان می دهند که برای مدت 22 ماه درهوای آزاد نگهداری شده اند. چنانچه درهر دو تصویر دیده می شود ، سیخ ها دارای زنگ رنگ نسواری بوده و کدام صدمهٔ در رَخ ها یا سطوح بدنی انها دیده نشده وهیچ کدام آنها دارای پوشش زنگ زده گی سست یا وارفته نیست که ایجاب تراش ویا جدا کردن ویا پاک کاری را نماید ، لهذا دراستفاده آنها تردیدی نباید وجود داشته باشد.

تصویر7: زنگ خورده گی با چسپش خیلی سخت سیخ 9# را که درهوای آزاد اتموسفیریک برای مدت 22 ماه نگهداری شده نشان می دهد

تصویر 8 که خیلی نزدیک ازسطح سیخ 9# گرفته شده و نشاندهنده آنست که رَخ ها و بدنه سیخ فاقد صدماتی است که قابل اندیشه برای استفاده آنها باشد.

## پاک کاری زنگ سیخ :

بعضی تولید کننده گان سیخ گول ساختمانی تولیدات خود را درانبارها برای مدتی ذخیره می نمایند که در جریان این مدت امکان تشکل زنگ خورده گی های خفیف درسطوح آنها درستیج های مختلف قابل پیش بینی می باشد .

تشکل زنگ خورده گی سطوح سیخ ها که درجریان انتقال ، ذخیرۀ مؤقتی وبعد قطع و قات کردن بوجود می اید اگرسست و وارفته باشند معمولا درجریان این عملیات ثقیل خود به خود ضربه خورده ،کوبیده وجدا و ریخته می شوند، فلهذا پاک کردن آنها دراین ستیج مطرح نمی باشد.

اززمان تولید تا استفاده سیخ ها درساختمان ، که آیا چه مدتی بصورت مؤقتی درساحهٔ ساختمانی ذخیره می گردند مربوط است به تقسیم اوقات پروژه وموسسهٔ ساختمانی. درموجودیت چنین شرایط بعضی ازمفتشین کیفیت ساختمانی درساحه اصرار به پاک کردن زنگ زده گی های خفیف ، متوسط وهمچنان زنگ زده گی های مانند تصاویر 4 تا 8 می ورزند. درحالیکه چنین پاک کاری ها ضرورت نمی باشد برعکس اجرای پاک کاری های بی باکانه توسط برس های فلزی یا چرخه های دندانه دارو یا چکش های فلزی درحقیقت نه تنها کمکی نمی تواند بلکه صدماتی را به سیخ ها وارد می کند. واگر این پاک کاری ها بصورت تهاجمی انجام گردد امکان دارد که سطوح سیخ ها صیقل شده و قابلیت چسپش آن ها را با کانکریت تضعیف بخشد.

استفاده آب نمکی یا بخارنمکین برای پاک کاری سبب تحریک بیشتر زنگ زده گی می شود. موجودیت آیون کلوراید درآب های نمک دارسبب توسعهٔ بیشتر زنگ خوردگی می شود . سیخ های که درمجاورت چنین شرایط زنگ می گیرند نباید بدون اجازهٔ انجنیر دیزاین کننده ساختمان در کانکریت قرارداد شوند، زیرا آیون کلوراید در تعامل با کانکریت سبب زنگ خوردگی دوامدارداخلی می شود. به هیچ وجه برای پاک کاری سطح سیخ موادی که دارای اساس روغنیات یا تیزاب است استفاده نگردد. روغنیات چسپش را از بین برده و مواد تیزابی درعملیهٔ کمیاوی سهم تخریت کننده را درطول زمان انجام می دهد.

بهترین طریقهٔ پاک کاری سیخ از زنگ خوردگی شستن آن توسط آب عادی با لولهٔ پلاستیکی Hose یا (شلنگ) با فشارهای پائین ، متوسط یا شدید نظر به میزان زنگ خوردگی می باشد .بسیار مهم است که قبل از کانکریت ریزی رطوبت سیخ ها ودرمواردی قالب ها بایست خشک شوند، زیرا موجودیت آب اضافی سبب تغیرنسبت آب و سمنت درکانکریت می گردد.

Research (پژوهش و تحقیقات) ازنتیجه تخریب عناصرآهن کانکریتی درلابراتواهای (R & D) (Research and Development) وهمچنان نمونه های برداشته شده ازساختمان های تخریب شدهٔ آهن کانکریتی نشان داده است که درشرایط نورمال ، درمدت زمان طولانی هیچ پروسهٔ کمیاوی که سبب ازدیاد زنگ زده گی سیخ درداخل کانکریت متراکم شده شود صورت نگرفته مگرآنکه درزهای خارج ازمعیارهای قبول شده درکانکریت برای مدت طولانی وجود داشته باشد وعنصرمورد بحث درمحیط متجاوزومساعد زنگ خورده گی قرارداشته باشد. موجویت درزهای دارای عرض های متوسط ونسبتآ بزرگ درمحیط متجاوزو همچنان محیطی که تناوب یا نوسان رطوبت و خشکی زیاد باشد سبب تشکل زنگ خورده گی سیخ در کانکریت گردیده و تدریجأ به ضخامت قشرزنگ افزوده شده وتشنجات ناشی ازآن سبب تخریب یا پارچه شدن قشرمحافظوی کانکریت می گردد.

مهمترین دلیلی که سبب زنگ خورده گی سیخ درداخل کانکریت می گردد یا موجودیت آیون کلوراید در کانکریت است و یا محیط متجاوزکه کانکریت درمجاورت آن یا تحت تاثیرآن قرارداشته باشد. منبع آیون کلوراید درقدم اول میتواند مواد اضافه کنندهٔ مانند ($CaCl_2$) باشد که در مخلوط یا Mix کانکریت به منظور تسریع جوش خوردن یا سخت شدن آن استفاده می گردد. منابع متجاوز؛ عبارت ازالوده گی محیط کانکریت با مواد دارای کلوراید، ضایعات صنعتی ازمناطق صنعتی ، استفاده کرستل نمک (سودیم کلوراید) درسرک ها و تاسیسات دیگر جهت جلوگیری از یخبندی و همچنان آب شوربحراست.

بسیارمهم است که انجنیرثبت شدهٔ پروژه با درنظرداشت مقتضیات دیزاین پروژه ، دیزاین مخلوط یا Mix کانکریت را دقیق ملاحظه نموده واستفادهٔ مقدار اضافه کننده ($CaCl_2$) را درتعادل مقدارضروری PH مشخص بسازد. این یک بحث جداگانه است که درآینده به آن خواهم پرداخت.

در نتیجه؛ به اساس نتایج بدست آمده ازتحقیقات Concrete Reinforcing Steel Institute – CRSI زنگ سطح سیخ تا زمانیکه مقطع آنرا ازحد قبولی تغییرندهد هیچ صدمهٔ را درچسپش با کانکریت بوجود نیاورده وهم هیچ نوع پروسه کیمیاوئی که سبب تضعیف مقاومت کانکریت و سیخ گردد صورت نمی گیرد.

برای اینکه ساختمان های خاص کانکریتی ازخطرزنگ خورده گی و تجاوزکلورایدمحفوظ باشند ، درساختمان آنها ازسیخ های Galvanized–گلوه نایزد ، Epoxy Coated - ایپاکسی کوتت، Stainless Steel – ستین لس ستیل و یا Fiber glass- فایبرگلس استفاده می شوند.

Galvanized Rebar عبارت از سیخ گولی است که درسطح خارجی آن قشر Zinc به منظور جلوگیری از زنگ خورده گی علاوه می گردد .این نوع سیخ ازعملیهٔ غوطه ورکردن سیخ سیاهٔ استندرد در ظرف Zinc مایع داغ (Hot zinc bath) بدست می اید. هرگاه ولدنگ چنین سیخ ها ضرورت باشد ، بایست درزهای ولدنگی بعدازعملیه ولدنگ پاک کاری وترمیم (توسط سپریGalvanize )شود. ترجیح داده شود که قطع و قات کاری سیخ قبل از پروسهٔ Galvanize کردن صورت گیرد.

تصویر9- سیخ گول ساختمانی Galvanized

Epoxy Coated Rebar یا سیخ سبز عبارت از سیخ گولی است که قشرضخیم چسپندهٔ Epoxy بالای سطح سیخ های سیاه ستندرد به منظور جلوگیری از زنگ خوردگی اضافه می گردد. ولدنگ چنین سیخ ها به ندرت مجازاست وهرگاه ضرورتی باشد ترمیم درزهای ولدنگی بائیست تحت مراقبت جدی نمایندهٔ کیفیت ساختمانی صورت گیرد.

قطع و قات کاری سیخ ها قبل ازپروسهٔ اضافه کردن Epoxy صورت می گیرد.

تصویر10 سیخ گول ساختمانی سبز یا Epoxy Coated

قابل تذکر است که چسپش سیخ Galvanized نسبت به سیخ سیاه و Epoxy Coated زیادتر است.

سیخ Stainless Steel :

درساختمان های ویژه، به شمول بعضی تاسیسات اردوی امریکا سیخ Stainless Steel 304 به عوض سیخ های عادی مورد استفاده قرارمی گیرد. در ترکیب کیمیاوی سیخ Stainless Steel، **18%** (chromium ) کرومیم و 8% (nickel ) نکل وجود دارد که موجودیت آنها سیخ یا فلزرا طبیعتآ ضد زنگ می سازد. ولدنگ آن بدون ترتیبات مخصوص برای صحت خطرناک است به سادگی قابلیت ولدنگ را ندارد ، همچنان جاذیه مقناطیسی بالای آن تاثیر ندارد یا به عباره دیگرهادی الترومگنتیک نیست، به همین دلیل درساختمان ها مخصوص و تاسسیات نظامی بکاربرده می شود وقیمت آن خیلی گران است.

تصویر11- سیخ گول ساختمانی Stainless Steel

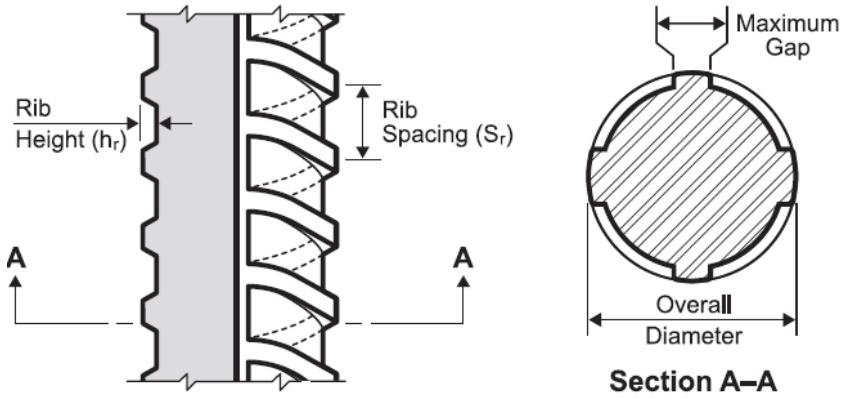
Fiberglass Rebar : سیخ ساختمانی فایبرگلس(GFRP) ازبراده های شیشه وسرش های پالیمیریک (Polymeric resin matrix and additives) ساخته می شوند و تقریباً ازمدت 20 سال به این طرف در ایالات متحدهٔ امریکا مورد استفاده قرارقرار گرفته وساحه استفادهٔ آنها درهرنوع ساختمان می باشد.

تصویر 12- سیخ گول ساختمانیFiberglass

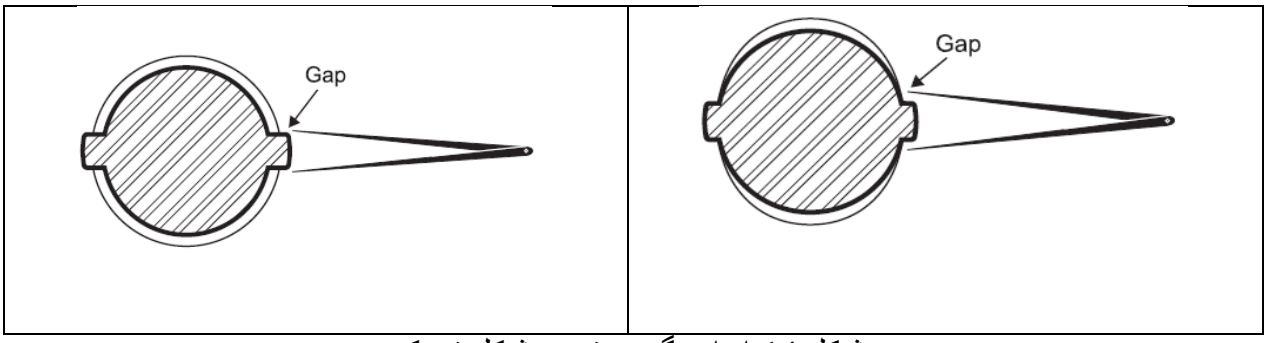
**تبصره:**

جدول 2 و اشکال 13 و14 شرایط لازم ستندرد شکل فزیکی سیخ و رَخ های آنها را نشان میدهد که اگر خیلی ضروری باشد مفتش ساختمانی میتواند اندازه فزیکی سیخ ها را به اساس آن ارزیابی نماید . این جدول با مراجعه به ASTM A615 ترتیب گردیده است و باید تذکرداد که چون اندازه گیری از یک سیخ زنگ زده خیلی مشکل می باشد لهذا بکاربردن آن توصیه نمی گردد. همچنان دقت اندازه گیری وقتی مورد قبول است که سیخ باید پاک وعاری اززنگ خورده گی باشد.

این اندازه گیری ها وجدول مربوطهٔ آن برای حدود قبولی سیخ ها بعد از تولید درفاریکه توصیه گردیده است. هرگاه مفتش مشکوک به اندازه های فزیکی سیخ باشد میتواند این رهنمائی ASTM رااستفاده نماید.




شکل 13 اندازه های فزیکی سیخ ،شامل قطر کلی، عرض ،ضخامت و فاصله رَخ ها را نشان می دهد.




شکل 14 اندازه گیری تغییر شکل فزیکی

جدول 2 حدود اوسط اندازه های هندسی سیخ های ستندرد امریکا

***Table 1 – ASTM standard deformed reinforcing bar deformation requirements (ASTM A615-2009).***

| Bar Size | Nominal Diameter (in.) ($d_b$) | Approx. Overall Diameter (in.) | Nominal Perimeter (in.) | Deformation Requirements (in.) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Maximum Average Rib Spacing ($S_r$) | Minimum Average Rib Height ($h_r$) | Maximum Gap[1] |
| #3 | 0.375 | 0.438 | 1.178 | 0.262 | 0.015 | 0.143 |
| #4 | 0.500 | 0.563 | 1.571 | 0.350 | 0.020 | 0.191 |
| #5 | 0.625 | 0.688 | 1.963 | 0.437 | 0.028 | 0.239 |
| #6 | 0.750 | 0.875 | 2.356 | 0.525 | 0.038 | 0.286 |
| #7 | 0.875 | 1.000 | 2.749 | 0.612 | 0.044 | 0.334 |
| #8 | 1.000 | 1.125 | 3.142 | 0.700 | 0.050 | 0.383 |
| #9 | 1.128 | 1.250 | 3.544 | 0.790 | 0.056 | 0.431 |
| #10 | 1.270 | 1.438 | 3.990 | 0.889 | 0.064 | 0.487 |
| #11 | 1.410 | 1.625 | 4.430 | 0.987 | 0.071 | 0.540 |
| #14 | 1.693 | 1.875 | 5.320 | 1.185 | 0.085 | 0.648 |
| #18 | 2.257 | 2.500 | 7.090 | 1.580 | 0.102 | 0.864 |

Note (1): Maximum gap is defined as the chord of 12.5 % of the nominal perimeter. Refer to Figures 8 and 9 for additional information.

قابل تاکید است که محاسبات دیزاین آهن کانکریت با درنظرگرفتن قطر نامینل (Nominal Diameter ) صورت می گیرد نه قطر کلی سیخ (Overall Diameter).

مؤخذ و منابع:

1- ACI -301
2- ACI -318
3- ASTM A615
4- ASTM A706
5- Concrete Reinforcing Steel Institute – CRSI