ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
Տեխնիկական գիտութ. սերիա XVI, № 4, 1963 Серия технических наук

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

С. С. ДЖАНАЗЯН

УПРОЧНЕНИЕ НОВЫХ ВИДОВ ГОРЯЧЕКАТАННОЙ АРМАТУРЫ НАПРЯЖЕНИЕМ ПОД ТЕМПЕРАТУРОЙ*

В настоящее время наиболее прогрессивными строительными конструкциями, сочетающими в себе высокопрочные бетон и арматуру, являются предварительно напряженные железобетонные конструкции, характерной особенностью развития которых в СССР является переход к широкому применению высокопрочной стержневой напрягаемой арматуры. Важными факторами, влияющими на целесообразность применения стержневой арматуры в предварительно напряженных конструкциях, являются: возможность массового производства ее из горячекатанных сталей; возможность эффективного применения метода электротермического натяжения арматуры; допустимость появления трещин в стадии эксплуатации для наиболее массовых конструкций третьей категории трещиностойкости; возможность получения достаточно больших удлинений при разрыве, обеспечивающих надежное перераспределение усилий в стадии разрушения железобетонных конструкций и др.

В качестве напрягаемой стержневой арматуры используются горячекатанная сталь класса А—IV марки 30ХГ2С (с пределом прочности не ниже 90 *кг/мм*^{2} и условным пределом текучести не ниже 60*кг/мм*^{2}) и сталь марки 35ГС, упрочненную вытяжкой.

Однако выпуск арматуры из стали марки 30ХГ2С профилей №№ 20—32 пришлось прекратить ввиду серьезных отступлений от стандарта по величине относительных удлинений при разрыве и углу загиба в холодном состоянии и, поэтому, целый ряд организаций, в настоящее время, занимается вопросом изыскания и внедрения в строительную практику новых видов высокопрочных сталей взамен стали марки 30ХГ2С.

Макеевским металлургическим заводом предложена и с конца 1961 года выпускается в опытном порядке по ВТУ № 44—62 арматурная сталь марок 20ХГСТ, 20ХГ2СТ и 28Х2ГС. ЦНИИЧМ разработаны арматурные стали марок 20ХГ2Т, 20ХГ2Ц, 20ХГ2Ф и несвариваемая сталь марки 65ГС, которые начал выпускать Челябинский металлургический завод. К выпуску опытно промышленных партий арматурной стали марки 65ГС в 1962 году приступил и Макеевский металлурги-

* Работа выполнена автором под руководством канд. техн. наук Н. М. Мулина.

ческий завод им. С. М. Кирова, но с 1963 года взамен этой стали выпускается сталь марки 85ГС.

Все приведенные марки сталей являются горячекатанными сталями класса А—IV, легированными титаном, церконием, ванадием, марганцем и силициумом.

С 1962 года нами проводится работа по изучению релаксации и ползучести арматуры класса А—IV при нормальных и повышенных температурах. Эксперимент проводился на пятирычажной машине конструкции НИИЖБ, снабженной печами, позволяющими производить натяжение арматуры под заданной температурой. Деформации арматуры замерялись установленным на ней экстензометром, снабженным двумя индикаторами часового типа. Контроль температуры нагрева стержня осуществлялся с помощью хромель-аллюмелевых термопар, крепящихся на стержне в верхней, средней и нижней зонах нагрева печи. Верхнее и нижнее отверстия в печи замазываются асбестом для предотвращения утечки тепла.

Образцы арматуры, подвергнутые вытяжке под различными напряжениями и температурами, после их испытания на релаксацию были испытаны на разрыв с измерением деформаций двумя рычажными тензометрами.

Результаты испытаний на разрыв показали, что пределы текучести ($\sigma_{0,2}$) и пропорциональности ($\sigma_{0,02}$) образцов, нагруженных под определенными температурами намного выше, чем пределы текучести и пропорциональности идентичных образцов, но подвергнутых только нагружению или только температурному воздействию.

Так например, образец из стали марки 20ХГСТ, нагруженной до напряжения 56,5 *кг/мм*^{2} при температуре 300° имел $\sigma_{0,2}=80$ *кг/мм*^{2} и $\sigma_{0,02}=75$ *кг/мм*^{2}, тогда как образец, подвергнутый только нагружению имел $\sigma_{0,2}=72$ *кг/мм*^{2}, $\sigma_{0,02}=61$ *кг/мм*^{2}, а только нагретый до 300° образец имел $\sigma_{0,2}=76$ *кг/мм*^{2}, $\sigma_{0,02}=63$ *кг/мм*^{2}. В состоянии поставки сталь 20ХГСТ имела $\sigma_{0,2}=72$ *кг/мм*^{2} и $\sigma_{0,02}=47$ *кг/мм*^{2}.

Предел прочности всех четырех образцов был почти одинаковым, он находился в пределах от 99,5 *кг/мм*^{2} до 100 *кг/мм*^{2}.

Это явление упрочнения стали от нагружения под температурой было проверено над другими марками горячекатанных сталей.

При разных температурах под напряжением 80 *кг/мм*^{2} были вытянуты стали 20ХГ2Ф (легированная ванадием) 20ХГ2Ц (легированная церконием) и несвариваемые стали марок 65ГС и 85ГС.

На рис. 1 приведен график изменения величин пределов прочности, текучести и пропорциональности образцов арматуры из стали марки 20ХГ2Ц (плавка 29280), нагруженных до напряжения 80 *кг/мм*^{2} при температурах в пределах 20—450°.

Температура в 300° оказалось наиболее целесообразной для упрочнения стали марки 20ХГ2Ц. При ней предел текучести возрастает на 36,3% по отношению к пределу текучести в состоянии поставки. Предел пропорциональности возрастает на 86,5% и предел прочности—на

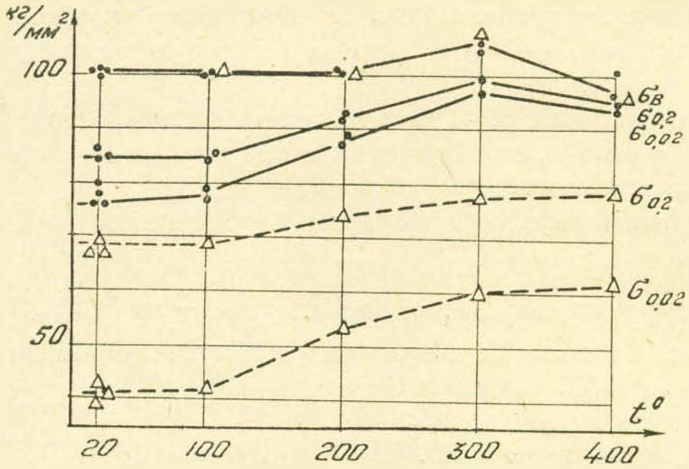

Рис. 1. Изменение свойств стали марки 20ХГ2Ц в зависимости от способов упрочнения. Точками на кривых обозначены образцы, напряженные до $\sigma=80$ *кг/мм²* под температурой; треугольниками образцы, подвергнутые только температурному воздействию

5,5%. С дальнейшим повышением температуры значения $\sigma_{0,02}$, $\sigma_{0,2}$ и $\sigma_в$ понижаются. Аналогичная картина наблюдалась и у стали марки 20ХГ2Ф. После упрочнения при температуре 300° наблюдался прирост. $\sigma_{0,2}$ — на 43% и $\sigma_{0,02}$ — на 127%. Температура 300° неблагоприятно действует и на эту сталь.

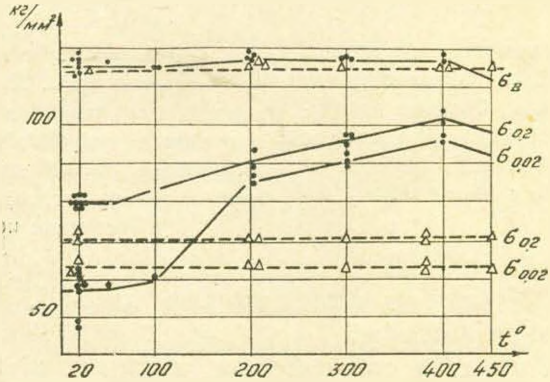

Рис. 2. Изменение механических свойств стали марки 85ГС в зависимости от способов упрочнения.

Наиболее эффективным отпуск под напряжением оказался для несвариваемых сталей марок 65ГС и 85ГС (графики изменения их механических свойств приведены на рис. 2 и 3). Как видно на рис. 2 и 3, образцы арматуры, подвергнутые только нагреву, не меняют своих механических характеристок. От воздействия только напряжения несколько увеличивается предел текучести, но зато уменьшается значение предела пропорциональности.

Сочетание же напряжения и температурного воздействия значительно увеличивает $\sigma_{0,02}$, $\sigma_{0,2}$ и даже на некоторую величину возрастает предел прочности.

Для стали марки 65ГС напряжение под температурой 300° дала увеличение $\sigma_{0,2}$ и $\sigma_{0,02}$, по отношению к тем же характеристикам в состоянии поставки, соответственно на 37,5— и 51,0%.

Для стали марки 85ГС напряжение под температурой 400° дала увеличение

$$\sigma_в \text{ — на } 1,5\%;\ \sigma_{0,2} \text{ — на } 42\% \text{ и } \sigma_{0,02} \text{ — на } 52,5\%.$$

На рис. 4 приведены диаграммы растяжения образцов из арматуры марки 85ГС. Образец № 1 испытан после нагружения до $\sigma = 80$ *кг/мм²* при температуре 300°. Образец № 2 испытан после нагружения до $\sigma = 80$ *кг/мм²*;

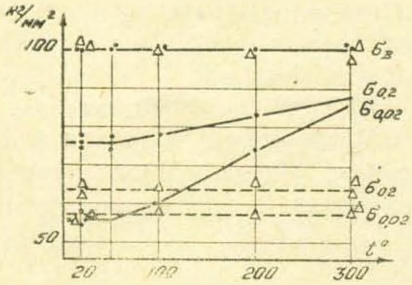

Рис. 3. Изменение механических свойств стали марки 65ГС в зависимости от способов упрочнения. Точками на кривых обозначены образцы с нагревом с вытяжкой до $\sigma = 80$ *кг/мм²*; треугольниками—только с нагревом.

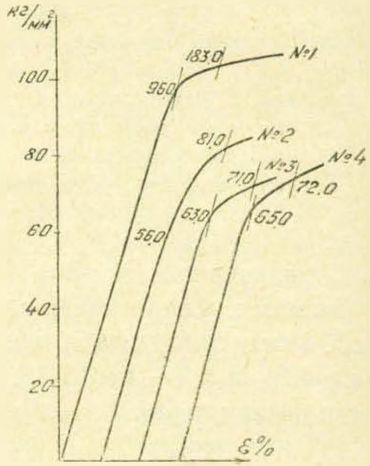

Рис. 4. Диаграмма растяжения образцов из стали марки 85ГС. Образец № 1—подвергнут нагружению до $\sigma = 80$ *кг/мм²* под температурой 400°; № 2—подвергнут нагружению до $\sigma = 80$ *кг/мм²*; № 3—подвергнут только нагреву; № 4 испытан в состоянии поставки.

Образец № 3 испытан после нагрева до 300°. Образец № 4 испытан в состоянии поставки.

При оценке качества стали вторым важным критерием, после прочности стали, является вязкость или пластичность стали, которая оценивается по удлинению при разрыве и испытанием на загиб. Вязкость стали позволяет предотвратить внезапные разрушения при перегрузках, о которых дают знать в достаточной мере деформации.

Относительные удлинения при разрыве у образцов подвергнутых напряжению под температурой не отличались от удлинений образцов, испытанных в состоянии поставки.

Как показала проделанная нами работа, метод вытяжки под температурой является эффективным и нетрудоемким методом упрочнения арматурных сталей, могущим принести государству значительную экономию металла. А металл является в настоящее время дефицитным

строительным материалом и, поэтому внедрение в производство отпуска под напряжением который, насколько нам известно, в строительной практике еще нигде не применялся, должно существенно облегчить проблему снабжения металлом строительных организаций.

В зависимости от марок сталей низкотемпературным отпуском можно сэкономить 37—43% металла.

Уже сейчас, на заводах, применяющих метод электротермомеханического натяжения, а число таких заводов велико, можно упрочнять сталь способом напряжения под температурой. Однако в производственных условиях удобней напрягать арматуру с контролем деформаций, а не напряжений.

В табл. 1 приводятся деформации сталей и температуры, необходимые для достижения наибольшего эффекта упрочнения. Задаваясь параметрами температуры и деформаций, приведенными в таблице, возможно производить упрочнение арматуры непосредственно на существующих установках электротермомеханического натяжения.

Таблица 1

Марка стали	Оптимальная температура в градусах	Деформация %
20ХГ2Ц	300	0,78
20ХГ2Ф	300	1,0
85ГС	400	1,9

Поскольку эксперименты с упрочнением арматуры производились на лабораторной установке и длительность процесса упрочнения составляла 2—2.5 минуты, а в производственных условиях это время желательно будет уменьшить в 3—4 раза, то трудно утверждать, что сталь, упрочненная в производственных условиях, будет абсолютно схожей по своим механическим свойствам со сталью, упрочненной в лабораторных условиях. Необходимо поэтому, чтобы строительные организации, применяющие метод электротермического натяжения, попытались производить упрочнение арматуры на своих установках. Однако целесообразнее всего, если металлургические заводы, изготовляющие арматурную сталь, упрочняли бы ее непосредственно у себя на заводе и в упрочненном виде поставляли строительным организациям.

Ս. Ս. ՋԱՆԱԶՅԱՆ

ՇԻԿԱԳԼՈՅՎԱՅԻ ԱՄՐԱՆԻ ՆՈՐ ՏԵՍԱԿՆԵՐԻ ԱՄՐԱՑՈՒՄԸ ՋԵՐՄՈՒԹՅԱՆ ՏԱԿ ԼԱԲՈՒՄՈՎ

Ամփոփում

Հոդվածում բերվում է ներկայումս Միությունում ГОСТ—5781—61 համաձայն թողարկվող A—IV խմբի ամրանի նկարագրությունը և այդ ամրանի ամրացման նոր եղանակը։ Փորձերը ցույց են տվել, որ նոր եղանակի կիրառության դեպքում հնարավոր է ամրանի ամրության սահմանը՝ ավելացնել 5,5%-ով, հոսունության սահմանը՝ 37,5—48%-ով, իսկ համեմատության սահմանը՝ 51—127%-ով, առանց հարաբերական երկարացման չափը փոքրացնելու։

Ցույց է տրված նոր եղանակի պարզությունը և ցածր արժեքը համեմատած ջերմամշակման եղանակի հետ, ինչպես և նրա ավելի մեծ էֆեկտիվությունը ձգման եղանակի համեմատությամբ։ Այնուհետև նշվում է այդ եղանակի արտադրության մեջ արագ ներդրման հնարավորությունը, օգտագործելով ամրանի էլեկտրա-ջերմամեխանիկական ձգման համար գոյություն ունեցող սարքավորումները։

Բերվում են ձգման եղանակով ամրանի ամրացման չորս գրաֆիկները իրենց փորձնական տվյալներով, ցածր ջերմաստիճանային թողարկումով և նրանց համատեղությամբ։