

Изобретение относится к металлургии, в частности к сталям и может быть использовано при производстве высокопрочной коррозионностойкой проволоки и ленты.

Известна сталь (Патент Японии №61 - 207552, кл. C22C38/42, C22C38/58, 1986), содержащая, мас. %:

Углерод	0,01 - 0,15
Кремний	0,01 - 1,5
Марганец	0,5 - 6,0
Хром	17,0 - 23,0
Никель	10,5 - 15,0
Медь	0,1 - 3,0
Азот	0,02 - 0,2

Недостатком этой стали является низкая интенсивность деформационного упрочнения, что требует применения высоких суммарных деформаций для получения прочности $\sigma_b > 1600$ МПа. Кроме того, повышенные содержания дефицитного никеля существенно удорожают сталь.

Известна сталь (Патент США №4581067, кл. C22C38/42, 1983), содержащая, мас. %:

Углерод	0,06 - 0,15
Кремний	1,5
Марганец	2,5
Хром	13,0 - 25,0
Никель	10,0 - 15,0
Алюминий	0,08 - 0,20
Азот	0,033 - 0,1
Ванадий	0,02 - 0,06
Ниобий	0,02 - 0,05
Бор	0,001 - 0,01

К недостаткам этой стали следует отнести невысокий коэффициент деформационного упрочнения, что не позволяет добиться требуемой прочности, и низкую стойкость к локальным видам коррозии. Высокая концентрация никеля делает сталь дорогой.

Наиболее близкой к изобретению по технической сущности и достигаемому эффекту является сталь (Авт. св. СССР №1560614, кл. C22C8/58, B23K35/30, 1988), содержащая, мас. %:

Углерод	0,001 - 0,04
Кремний	0,01 - 0,6
Марганец	4,0 - 10,0
Хром	19,0 - 25,0
Никель	9,0 - 15,0
Азот	0,1 - 0,3
Церий	0,06 - 0,12
Иттрий	0,05 - 0,12
Кальций	0,02 - 0,06
Вольфрам	0,7 - 0,95
Алюминий	0,2 - 0,8
Железо	Остальное

Недостатком этой стали является низкая интенсивность упрочнения при пластической деформации, что ограничивает возможность получения высокой прочности.

В основу изобретения поставлена задача создания стали с высокой прочностью и пластичностью в холоднодеформированном состоянии.

Поставленная задача решается тем, что сталь, содержащая углерод, хром, никель, марганец, кремний, азот, железо, кальций, церий, дополнительно содержит медь, молибден при следующем соотношении компонентов, мас. %:

Углерод	0,01 - 0,12
Хром	17,0 - 23,0

Никель	4,5 - 8,7
Марганец	1,5 - 7,0
Кремний	0,01 - 2,5
Молибден	0,1 - 2,0
Медь	0,01 - 2,5
Азот	0,15 - 0,5
Кальций	0,01 - 0,05
Церий	0,001 - 0,05
Железо	Остальное

Состав стали выбран таким образом, чтобы после термообработки перед пластической деформацией весь азот находился в твердом растворе, что при оптимизации соотношения никеля и марганца обеспечивает высокую интенсивность деформационного упрочнения аустенита, позволяющую получать прочность $\sigma_b > 1600$ МПа при деформации 70 - 75% с сохранением высокой пластичности проволоки и ленты. В пределах заявляемого химического состава стали снижение интенсивности деформационного упрочнения аустенита при уменьшении содержания азота и марганца в значительной степени компенсируется дополнительным упрочнением за счет образования мартенсита деформации.

Предлагаемая сталь отличается невысоким (для сталей данного класса) содержанием дорогого и дефицитного никеля, что существенно снижает ее стоимость.

Содержание азота в заявляемой стали является равновесным, что существенно облегчает технологию ее производства и снижает стоимость. Наличие в составе заявляемой стали легирующих элементов, повышающих предел растворимости азота в жидкой фазе (хром, молибден, марганец) позволяет получить требуемые содержания азота при плавке в обычных условиях в вакуумно-дуговых и индукционных печах в атмосфере азота без избыточного противодавления.

Снижение содержания марганца по сравнению с прототипом делает предлагаемую сталь более предпочтительной с точки зрения экологии.

Содержание углерода $>0,12\%$ приводит к уменьшению содержания азота в стали, что вызывает снижение коэффициента деформационного упрочнения и ухудшает коррозионную стойкость. Выплавка стали с содержанием углерода $<0,01\%$ в промышленных условиях невозможна из-за обязательного присутствия этого элемента в шихтовых материалах, используемых для плавки.

Содержание хрома $<17,0\%$ приводит к уменьшению концентрации азота и, как результат, к снижению коэффициента деформационного упрочнения и ухудшению коррозионной стойкости стал. Содержание хрома $>23,0\%$ приводит к образованию σ -фазы при термообработке, выделение которой вызывает охрупчивание стали.

Содержание никеля $<4,5\%$ приводит к ухудшению пластичности при холодной деформации и снижению коррозионной стойкости, а содержание $>8,7\%$ делает сталь более дорогой и уменьшает предел растворимости азота.

Концентрация марганца $<1,5\%$ уменьшает растворимость азота и снижает степень деформационного упрочнения стали, что приводит к снижению прочности стали, а концентрация марганца $>7,0\%$ ухудшает коррозионную стойкость и ускоряет процесс образования σ -фазы, что

снижает пластичность стали.

Выплавка стали с содержанием кремния <0,01% в промышленных условиях не представляется возможной из-за присутствия этого элемента в шихтовых материалах, используемых при плавке. Содержание кремния >2,5% снижает растворимость азота и углерода в аустените, чем затрудняет растворение карбидов и нитридов при нагреве под аустенитизацию и, соответственно, облегчает их выделение при замедленном охлаждении или отпуске, обуславливая при этом их неравномерное распределение, что способствует охрупчиванию стали и ухудшению стойкости стали к межкристаллитной коррозии. Кроме того, из-за увеличения доли ковалентных и направленных связей в решетке аустенита снижается пластичность стали и возрастает сопротивление стали горячей деформации, т.е. затрудняется прокатный предел.

Содержание молибдена <0,1% снижает эффект твердорастворного упрочнения и коррозионную стойкость стали, а концентрация >2,0% уменьшает стойкость к межкристаллитной коррозии, способствует образованию труднорастворимых карбидов и нитридов, для растворения которых необходимо повышать температуру термической обработки стали.

Содержание меди <0,01% снижает пластичность стали, стойкость к атмосферной и биологической коррозии, а также стойкость против коррозионного растрескивания под напряжением. Содержание >2,5% приводит к снижению прочности стали в холоднодеформированном состоянии.

Содержание азота <0,15% уменьшает устойчивость аустенита, снижает предел прочности и предел текучести, ухудшает коррозионную стойкость. Увеличение содержания азота >0,5% затрудняет технологию выплавки стали, требует увеличения концентрации легирующих элементов, повышающих предел растворимости азота в аустените (Cr, Mn, Mo).

Содержание кальция <0,01% затрудняет процесс раскисления стали при выплавке и не обеспечивает в полной мере десульфацию металла, что, в конечном итоге, снижает стойкость стали к питтинговой и межкристаллитной коррозии. Содержание >0,05% приводит к охрупчиванию стали.

Содержание церия <0,001% затрудняет процесс раскисления стали и удаления серы в процессе выплавки, а также ухудшает способность молибденсодержащих сталей к горячей деформации, снижает деформируемость и вязкость стали. Содержание >0,05% может, вызывать некоторого рода краснотомкость стали.

Опытные плавки выплавлены в лабораторных условиях. Выплавку проводим на химически чистых шихтовых материалах, в индукционной печи, в атмосфере азота. Берем шихту (мас.%), состоящую из железа - 61,14%, хрома - 22,3%, никеля - 5,3%, марганца - 5,2%, молибдена - 1,6%, меди - 1,8%, углерода - 0,12%, кремния - 2,5%, кальция - 0,02%, церия - 0,02%. Загружаем шихту в керамический тигель и помещаем в индукционную печь. Нагрев осуществляется до температуры плавления шихтовых компонентов в атмосфере азота. Легирование азотом до равновесной концентрации осуществляется в

процессе плавки в атмосфере азота. Полученный расплав выливаем в изложницу для кристаллизации.

Химический состав плавов приведен в табл.1.

Слитки прокатывают в прутки диаметром 8,0мм, из которых чередованием термообработок и холодного волочения получают проволоку диаметром 3,0мм (суммарная деформация 70%). Термообработку катанки и промежуточных заготовок проводят с нагревом до 1150°C и закалкой в воду. Результаты испытаний механических свойств проволоки из опытных сталей приведены в табл.2.

Как видно из результатов, предложенная сталь обладает более высокой прочностью и пластичностью, чем известная сталь.

Заявляемый состав стали можно получить как в лабораторных, так и в промышленных условиях.

Химический состав стали

Сталь	Содержание элементов, %						
	C	Cr	Ni	Mn	Si	Mo	Cu
Заяв-	0,15	16,6	8,9	1,3	0,006	2,2	2,8
ляе-	0,01	17,0	8,7	7,0	1,0	0,1	0,0
мая	0,008	23	4,3	7,8	0,01	0,06	2,5
—"	0,08	24	4,5	1,5	2,6	2,0	0,00
—"	0,12	22	5,3	5,2	2,5	1,6	1,8

Прото-	0,03	21,3	11,4	7,2	0,33	—	0,2
тип							

Механические свойства сталей

Сталь	Временное сопротивление, МПа
Заявляемая	1750
—"	1690
—"	1800
—"	1860
—"	2020
Прототип	1600