

Предлагаемое изобретение относится к области металлургии, в частности, к штамповым сталям дисперсионного твердения, для изготовления штампов горячего прессования.

Наиболее близкой является сталь марки 5XNM, содержащая мас. %:

углерод	0,5 – 0,6
кремний	0,15 – 0,35
марганец	0,5 – 0,8
хром	0,5 – 0,8
никель	1,4 – 1,8
молибден	0,15 – 0,30
медь	не более 0,3
железо	остальное.

Недостатком этой стали является ее недостаточная теплостойкость при температурах эксплуатации штампов из-за неустойчивости аустенита, что снижает срок службы штампов.

В основу изобретения положена задача - создать сталь с достаточно высокой теплостойкостью и прокаливаемостью, позволяющую удовлетворить потребность заводов в доступном штамповом инструменте.

Поставленная техническая задача решается тем, что в сталь, содержащую углерод, кремний, хром, марганец, никель согласно изобретению дополнительно вводят ванадий, азот, алюминий, при следующем соотношении компонентов, мас. доля %:

углерод	0,5 – 0,6
кремний	0,36 – 0,60
марганец	1,3 – 3,0
хром	1,3 – 3,0
никель	0,3 – 1,3
ванадий	0,08 – 0,15
азот	0,018 – 0,025
алюминий	0,01 – 0,03
железо	остальное.

Такой состав и соотношение компонентов позволяет повысить прокаливаемость и теплостойкость за счет дополнительного легирования ванадием, азотом, алюминием, повышения содержания кремния, марганца, хрома, все это повышает устойчивость аустенита, путем образования и равномерного распределения карбонитридов и нитридов ванадия, являющихся преградой роста зерна аустенита и повышения структурной неоднородности штампа. Все это в комплексе дает возможность снизить содержание никеля и вывести из состава стали молибден без снижения эксплуатационных свойств штампов. Пределы содержания азота и ванадия выбраны такими, что практически обеспечивается полное связывание азота и ванадия в нитриды.

При содержании азота менее 0,018% и ванадия менее 0,08% из-за малого содержания образующихся карбонитридных частиц недостаточно проявляются прокаливаемость и теплостойкость, а при содержании этих элементов более 0,025% и 0,15% соответственно требуется более высокая температура аустенитизационного нагрева для растворения большого количества нитридов ванадия и перевода их в мелкодисперсную форму, без реализации этого условия легирование этими элементами мало эффективно.

Алюминий является активным раскислителем и нитридообразующим элементом. При содержании алюминия менее 0,01 % металл недостаточно раскисляется, а при содержании более 0,03% образуются труднорастворимые нитриды алюминия с температурой растворения более 1300°C. В заводских условиях при термообработке такая температура трудно реализуема.

Кремний является упрочняющим элементом. При содержании кремния менее 0,36% недостаточно повышаются прочностные свойства, а при содержании более 0,60% повышается охрупчивание стали.

Марганец является упрочняющим элементом. При растворении марганца в стали стабилизируется аустенит и увеличивается прокаливаемость, кроме того, марганец соединяется с серой, образуя измельченные сульфиды овальной формы, что, в свою очередь, повышает ударную вязкость. При содержании марганца менее 1,3% снижается упрочнение и прокаливаемость стали, а при содержании более 3,0% снижаются пластические свойства, и ухудшается обрабатываемость стали механическим способом.

Содержание хрома в пределах 1,3-3,0% при данном химическом составе снижает чувствительность стали к перегреву, измельчает зерно и обеспечивает необходимую теплостойкость..

При содержании хрома менее 1,3 наблюдается недостаточное действие его на устойчивость стали к перегреву и на теплостойкость, и при содержании более 3,0 снижаются пластические свойства.

Никель в стали повышает прокаливаемость и окалиностойкость. При содержании никеля менее 0,3% слабо проявляется действие на прокаливаемость и окалиностойкость, а при содержании более 1,3%, в предлагаемой стали повышение никеля малоэффективно и влечет к перерасходу, прокаливаемость стали повышается за счет содержания азота, а окалиностойкость, за счет нитридванадиевого упрочнения.

Углерод является упрочняющим элементом. При содержании углерода менее 0,5% снижаются прочностные свойства, необходимые для штампового инструмента при эксплуатации, а при содержании более 0,6% повышается охрупчивание стали.

Химический состав исследуемых сталей известной 1 и предлагаемой 2-6 приведены в таблице 1.

Прокаливаемость сталей приведена в таблице 2, механические свойства в таблице 3.

Из таблицы 2 и 3 следует, что сталь предлагаемого состава имеет более высокие показатели за счет дополнительного микролегирования азотом, ванадием и алюминием, повышением содержания кремния, марганца, хрома и непосредственного упрочнения дисперсными карбонитридами и нитридами ванадия.

Таким образом, за счет легирования стали азотом, ванадием и алюминием, повышения содержания

кремния, марганца, хрома повышается прокаливаемость, теплостойкость и механические свойства, что позволяет увеличить срок службы штампов.

Таблица 1

Химический состав сталей

№№ пп	Плавки	Химический состав, массовая доля, %										
		C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Cu	V	N	Al	Fe
1	Прототип	0,55	0,25	0,65	0,65	1,6	0,25	0,25	-	-	-	остальные
2	Предлагаемая	0,45	0,30	1,2	1,2	0,25	-	-	0,07	0,016	0,008	
3	-,-	0,66	0,66	3,5	3,5	1,4	-	-	0,16	0,027	0,035	
4	-,-	0,5	0,36	1,3	1,3	0,3	-	-	0,08	0,018	0,01	
5	-,-	0,6	0,6	3,0	3,0	1,3	-	-	0,15	0,025	0,03	
6	-,-	0,55	0,45	2,2	2,2	0,8	-	-	0,12	0,021	0,02	

Таблица 2

Прокаливаемость исследуемых сталей. Закалка – 940°C, отпуск – 600°C

№№ пп	Плавки	Твердость НРС на расстоянии от поверхности, мм										
		1	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
1	Прототип	32	32	31	31	30	30	29	29	28	28	28
2	Предлагаемая	33	33	33	32	32	31	31	30	30	30	30
3	-,-	47	47	47	47	46	46	45	45	44	44	44
4	-,-	40	40	40	40	40	39	39	39	38	38	38
5	-,-	46	46	46	45	45	44	44	44	44	44	44
6	-,-	43	43	43	43	43	43	43	42	42	42	42

Таблица 3

№№ пп	Стали	Механические свойства. Закалка 940°C. Отпуск – 600°C						
		при 20°C					при 600°C	
		σ_b , МПа	δ , %	ψ , %	a_k , мдж/м ²	НРС	σ_b , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа
1	Прототип	950	14	65	0,08	34	500	350
2	Предлагаемая	1270	16	58	0,1	34	560	430
3	-,-	1440	15	57	0,09	44	610	515
4	-,-	1412	16	60	0,1	42	592	475
5	-,-	1440	17	62	0,11	41	600	492
6	-,-	1435	18	64	0,14	42	605	505