

ИНФОРМАЦИОННОЕ СООБЩЕНИЕ INFORMATION REPORT

ISSN 1995-2732 (Print), 2412-9003 (Online)

УДК 669.021:621.762

DOI: 10.18503/1995-2732-2020-18-3-90-97



ВЫБОР МАРКИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ СТАЛИ КОМПЬЮТЕРНЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ

Мальцев И.М.

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. Представлен метод выбора марки машиностроительной стали с применением программного комплекса и базы данных СТАЛЬ. Показаны возможности применения компьютерных технологий для создания баз данных и алгоритмов отбора параметров при выборе марки стали. Применение компьютерных технологий для выбора и анализа свойств машиностроительных материалов является сегодня самым распространенным методом для оптимального поиска необходимого вида и марки машиностроительной стали. Существуют многочисленные зарубежные и отечественные разработки в этой области информатики, но зарубежные аналоги обычно не представляют пользователям данных о свойствах материалов стран СНГ, в частности России, а большинство разработок организаций и научных центров России написаны в виде марочников и электронных таблиц, что не позволяет использовать их в полной мере для алгоритмического выбора материалов. В НГТУ им. Р.Е. Алексеева работы по созданию и написанию баз данных и алгоритмов выбора марки стали, машиностроительных материалов проводятся с 1995 года. В настоящее время создан и применяется программный комплекс выбора марки машиностроительной стали СТАЛЬ. Программа СТАЛЬ используется машиностроительными предприятиями и техническими университетами для инженерных, научных, маркетинговых и учебных целей.

Ключевые слова: программный комплекс, выбор марки, машиностроительные стали.

© Мальцев И.М., 2020

Для цитирования

Мальцев И.М. Выбор марки машиностроительной стали компьютерными технологиями // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2020. Т.18. №3. С. 90–97. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2020-18-3-90-97>



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

SELECTION OF A MACHINE STEEL GRADE BY APPLYING COMPUTER TECHNOLOGIES

Maltsev I.M.

Alekseev Nizhny Novgorod State Technical University, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The paper describes a method of selecting a machine steel grade using the STEEL software package and database. The author shows the possibilities of using computer technologies to create databases and parameter selection algorithms, when choosing the steel grade. Now, the use of computer technologies for selecting and analyzing properties of engineering materials is the most common method for an optimal search for the required type and grade of machine steel. There are numerous foreign and Russian development results in this area of computer science, but foreign similar projects usually do not provide users with data on properties of materials in the CIS countries, in particular Russia, and most of development results of organizations and research centers in Russia are written in the form of steel grade guides and spreadsheets, preventing from using them fully for an algorithmic selection of materials. Work on creating and writing databases and selection algorithms for steel grades and engineering materials has been carried out at Alekseev Nizhny Novgorod State Technical University since 1995. Now, the STEEL software package for selecting a machine steel grade has been created and is applied. STEEL software is used by engineering companies and technical universities for engineering, scientific, marketing and educational purposes.

Keywords: software package, grade selection, machine steel.

For citation

Maltsev I.M. Selection of a Machine Steel Grade by Applying Computer Technologies. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2020, vol. 18, no. 3, pp. 90–97. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2020-18-3-90-97>

Введение

Одной из главных задач материаловедения является выбор марки материала для детали. Существует множество научных работ, предлагающие различные подходы к решению этой задачи [1–4]. Единого метода, по которому возможно выбрать марку стали машиностроительного изделия, в настоящее время нет.

В информатике, которая существует в компьютерных технологиях, большое место занимают базы и банки данных (БД). В металлургии и машиностроении применяют марочники, электронные таблицы и БД по сталям. К ним принадлежат программы выбора марки стали МГТУ им. Э. Н. Баумана, МИСиС, МАДИ, НГТУ и др. [5–8]. В INTERNET можно найти информацию по сталям, но все это не позволяет выбирать марку для конкретного, в частности впервые проектируемого, изделия. Подходы к выбору марки стали различны по концепциям и алгоритмам, но все они считают, что при выборе стали необходимо учитывать многообразие показателей свойств (от конструкционных до технологических). Использование БД в выборе стали – это современный метод решения этой задачи. Программные комплексы позволяют исключить рутинные ошибки и их накопление. Достоинство БД в том, что они позволяют видоизменять свою структуру и давать результат с высоким каче-

ством. Качество выбора марки машиностроительной стали по БД зависит от полноты самой БД и формулировки запроса [8–10].

Решение задачи

Разработанная в НГТУ программа выбора марки машиностроительной стали СТАЛЬ используется для поиска марки стали по конструкционным и технологическим критериям. Программа СТАЛЬ содержит следующие характеристики по каждой отечественной марке стали: прочностные; упругие; усталостные (σ_b , σ_{-1} , $\sigma_{0.2}$, E , G , Ψ , δ , λ , τ_{-1} , KCU , $T_{экспл}$ и т. п.); назначение и области применения, характеристику стали (текстовые данные – Мемо-поля (поля примечаний), включающие несистематизированные данные по особенностям ТО и ХТО, сведения о склонности к обезуглероживанию, способах сварки, категории свариваемости, чувствительности к перегреву, типах изготавливаемых деталей, роли легирующих элементов, заменителей сталей, коррозионной стойкости и других свойствах); прокаливаемость стали (по диаграмме Блантера и данным ГОСТ); рекомендации по типовым (стандартным) вариантам термической и химико-термической обработок; показателей эксплуатации, резания, сварки и обработки давлением; данные химического состава, критических температур сталей и другие данные; данные ГОСТ

по сталям и стальной продукции. Записи БД соответствуют марке стали, прошедшей термическую обработку. Если режимов обработки несколько, то БД содержит соответствующее количество строк по этой марке стали.

В БД СТАЛЬ включены следующие группы сталей: конструкционные легированные; рессорно-пружинные; обыкновенного качества; подшипниковые; углеродистые качественные конструкционные; литейные; повышенной обрабатываемости (автоматные); углеродистые инструментальные; коррозионно-стойкие; инструментальные легированные, в том числе быстрорежущие; мартенсито-

стареющие; порошковые; строительные; с карбонитридным упрочнением; теплоустойчивые. Всего 820 марок. В ГОСТ РФ на стали содержится около 580 марок, остальные в ТУ.

Окно работы с формами СТАЛЬ показано на рис. 1. Пользователь с помощью функций ACCESS, вводя известную маркировку, находит информацию по каждому из разделов материала – от термической обработки до конечных свойств (рис. 1). Обращение к форме «Технологические свойства» дает сведения, как показано на рис. 2.

Рис. 1. Окно работы с формами программы СТАЛЬ / Fig. 1. A window for completing forms of STEEL software

Рис. 2. Форма «Технологические свойства» стали / Fig. 2. Form "Processing properties of steel"

Последняя версия СТАЛЬ [9] 2019 года создает пользователю широкие возможности в выборе марки стали. Существует возможность конструирования запроса (перечня критериев отбора). На **рис. 3** показана форма конструктора программы СТАЛЬ, где с помощью возможностей ACCESS самостоятельно вводятся условия отбора, например учитывать временное сопротивление при растяжении (и другие свойства) и химический состав одновременно (см. **рис. 3**). Марки стали в программе имеют свое текстовое

описание (**рис. 4**). Программа СТАЛЬ в отличие от других разработок может изменять структуру данных. Для этого пользуются функцией ACCESS «таблица» (**рис. 5**). В виде таблицы выводится и результат запроса. Результатом выбора по программе СТАЛЬ является выборка сталей (или одна марка), отвечающих критериям введенного запроса. Приведены режимы термической обработки сталей (**рис. 6**) и свойства сталей после термической обработки (**рис. 7**).

Поле:	MARKSTEEL	PRIMENENIE	HARACT1	BP_SOPROT	LIM_TEKUCH	KR_DIAMET1
Имя таблицы:	UG_STEEL	UG_STEEL	UG_STEEL	UG_STEEL	UG_STEEL	UG_STEEL
Сортировка:						
Вывод на экран:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Условие отбора:		> = "шестерни"		> = 950	> = 900	> 100
или:						

Рис. 3. Форма «Конструктора запросов» программы СТАЛЬ / Fig. 3. Form “Query builder” of STEEL software

Рис. 4. Форма «Текстовые поля примечаний» в программе СТАЛЬ
Fig. 4. Form “Text boxes for notes” in STEEL software

MARKASTEЕ	T1_z	SR_ZAKALK1	T2_Z	SR_OHLAGD	T_OT	SR_OHL_OT	LIM	BP	O
15X	880	вода	795	вода_масло	600	воздух_масло	355	590	
20X	880	вода, масло	795	вода_масло	180	воздух_масло	635	780	
30X	860		0	масло	500	вода_масло	685	880	
30ХРА	900	воздух	860	масло	200	воздух	785	800	
35X	860		0	масло	500	воздух	735	910	
38ХА	860			масло	550	вода_масло	785	930	
40X	860			масло	500	вода_масло	785	980	
45X	840			масло	520	масло	835	890	
50X	830	закалка		масло	520	масло	885	1167	
15Г	880	вода		воздух			245	410	
20Г	880	вода, масло		воздух			275	410	
25Г	880			вода_воздух	560	воздух	295	490	
30Г	860			вода_воздух	600	воздух	315	540	
35Г	860			вода_воздух	600	воздух	335	560	
40Г,40ГР	860			вода_воздух	600	воздух	355	590	
45Г	850			масло_воздух	600	воздух	375	620	
47ГТ	845			воздух			375	620	
10Г2	920	вода		воздух	0		245	420	

Рис. 5. Фрагмент главной таблицы программы СТАЛЬ / Fig. 5. Fragment of a main table of STEEL software

Формы

Запрос

Литература

Принятые обозначения

Прокаливаемость сталей

Работа с формами базы дан...

Режимы термической обра...

Свойства после ТО

Сравнение твердости

Тексты по сталям

Технологические свойства с...

Форма зависимость 6-1 от ме...

Формулы по сталям

Химический состав стали

ХТО стали

Режимы термической обработки стали или состояние стали

Марка стали

15X

Температура первой закалки, С

880

Среда охлаждения первой закалки

вода

Температура второй закалки, С

795

Среда охлаждения второй закалки

вода_масло

Температура отпуска после закалки стали, С

600

Среда охлаждения при отпуске

воздух_масло

+

⚙

Рис. 6. Форма – режимы термической обработки сталей / Fig. 6. Form – steel heat treatment schedules

Физико-механические свойства стали после термической обработки

Марка машиностроительной стали по ГОСТ или ТУ	15Х
Предел текучести стали, МПа	355
Временное сопротивление стали при растяжении, МПа	590
Относительное удлинение при растяжении, %	17
Относительное сужение при растяжении, %	45
Ударная вязкость стали при комнатной Т, С в КСЧ	59
Критический диаметр прокаливаемости min, мм	14
Критический диаметр прокаливаемости max, мм	26
Стоимость стали в условных единицах	120
Предел выносливости при нагружении растяжением, МПа	
Предел выносливости при нагружении кручением, МПа	
Модуль Юнга, Е	207000
Модуль G	0
Плотность стали, кг/м ³	7740
Твердость после отжига в НВ	179
Твердость после термической обработки в НВ	179

Рис. 7. Форма – свойства сталей после термической обработки / Fig. 7. Form – steel properties after heat treatment

Программа СТАЛЬ проходила апробацию на машиностроительных предприятиях [9–11]. Программа СТАЛЬ используется в учебном процессе технических университетов при преподавании дисциплин «Материаловедение», «Компьютерные технологии в машиностроении и материаловедении», «САПР термической обработки сталей», «Металловедение и технология металлов» [12–14].

В настоящее время в программе СТАЛЬ существуют специальные подпрограммы ACCESS анализа БД, чтобы определять надежность и долговечность стали при ее выборе для изделия. Например, ужесточение выбора марки стали предлагается вести расчетным методом, используя следующие формулы:

1) предельная удельная энергия деформации $W_c = 0,5 (\sigma_T + \sigma_K) E^{трел}$, σ_T – предел текучести; $\sigma_K = \sigma_B(1+\delta)$ – истинное сопротивление разрушению; $E^{трел} = \ln[1/(1-\Psi)]$ – истинное сужение площади поперечного сечения образца к моменту разрушения. Чем выше удельная работа деформации, тем труднее разрушение, то есть труднее зарождаются и распространяются трещины;

2) комплекс зарождения трещины K_{zt} , количественно определяющий способность материала сопротивляться возникновению трещин при де-

формации. Чем выше его значение, тем труднее в материале зарождаются трещины. $K_{zt} = W_c / \sigma_T$;

3) комплекс распространения трещины $K_{рт}$, количественно определяющий способность материала сопротивляться свободному движению трещин при деформациях в условиях достижения критического напряженного состояния. Чем выше его значение, тем труднее в материале распространяются трещины. $K_{рт} = 0,75 W_c \sigma_T$;

4) поведение стали при циклических нагрузках определяется отношением σ_B / σ_T :

$\sigma_B / \sigma_T < 1,2$ – сталь разупрочняется при циклических нагрузках;

$\sigma_B / \sigma_T > 1,4$ – сталь упрочняется при циклических нагрузках;

$1,2 < \sigma_B / \sigma_T < 1,4$ – сталь ведет себя двояко, и упрочняется и разупрочняется при циклических нагрузках [15].

Заключение

Применение компьютерных технологий в выборе марки стали машиностроительного изделия – высоко профессиональный метод поиска оптимального стального материала. Программные комплексы с БД по сталям могут в отличие от картотек и справочников изменять свою структуру, алгоритмы выбора материалов и зна-

чительно ускорять решение задачи выбора марки стали. Програма СТАЛЬ в своем применении дает значительный экономический эффект при оптимальном выборе материала, позволяя не только поиск по механическим свойствам сталей, но и по их технологическим показателям. Программные модули СТАЛЬ позволяют решать

задачи не только поиска марки стали, но выполнять расчеты показателей свойств групп сталей, используя содержимое ячеек строк и столбцов таблиц или отчетов, рассчитывая, например, показатели долговечности и надежности. В настоящее время программа СТАЛЬ применяется в учебном процессе университетов.

Список литературы

1. Геллер Ю. А. и др. Металловедение. Методы анализа, лабораторные работы и задачи. 6-е изд., перераб. и доп. М.: Металлургия, 1990. 412 с.
2. О выборе критерия пластичности конструкционных материалов / Яковлев В.В., Карпов П.П., Астафьев Г.Н., Шанчуров С.М. // Сталь. 1999. № 9. С. 69–71.
3. Зоткин В. Е. Методы и критерии оценки эффективности использования материалов// Металловедение и термическая обработка металлов. 1985. № 7. С. 46–49.
4. Гуляев А.П. Выбор марки стали деталей машин// Металловедение и термическая обработка металлов. 1983. № 1. С. 54–59.
5. Третьяков В.И., Хасянов М.А., Горничев А.А. Методологические аспекты оптимального выбора конструкционных материалов в автоматизированных системах проектирования// Материаловедение. 1999. № 5. С. 13–28.
6. Струве Н.Э., Шувалова И.С. Автоматизированная система выбора материала и упрочняющей химикотермической обработки зубчатых колес // Металловедение и термическая обработка металлов. 1992. № 5. С. 41–43.
7. Крупин Ю.А., Кудря А.В., Мельниченко А.С. Компьютерные технологии в металлвоведении //Металловедение и термическая обработка металлов. 1999. № 4. С. 35–39.
8. Мальцев И.М. База данных и алгоритмы выбора машиностроительной стали// Вестник машиностроения. 1999. №7. С.17–19.
9. Мальцев И.М. Программный комплекс выбора марки машиностроительной стали: свид. о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2009614298 от 14 августа 2009 года. Правообладатель НГТУ им. Р.Е. Алексеева. Н.- Новгород.
10. Sedunov A.N., Mal'tsev I.M. Software for choosing grades of machine-building steel// Metal Science and Heat Treatment 2010 Jul; 52(s 1-2). <https://doi.org/10.1007/S11041-010-9232-7>
11. Методология выбора металлических сплавов и упрочняющих технологий в машиностроении: учебное пособие: в 2-х т. /М.А. Филиппов, В.Р. Бараз, М.А. Герасьев, М.М. Розенбаум. Екатеринбург: УрФУ, 2011. Т. 1. 234 с.
12. Методология выбора металлических сплавов и упрочняющих технологий в машиностроении: учебное пособие: в 2 т. Т. 2. Цветные металлы и сплавы / М.А. Филиппов, В.Р. Бараз, М.А. Герасьев, М.М. Розенбаум. 2-е изд., испр. Екатеринбург: Изд-во УрФУ, 2013. Т. 2. 236 с.
13. Зоткин В.Е. Методология выбора материалов и упрочняющих технологий в машиностроении: учебное пособие. 4-е изд., перерб. и доп. М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2008. 320 с. : ил. (Высшее образование).
14. Методология выбора металлических сплавов и упрочняющих технологий в машиностроении: учебное пособие: в 2 т. Т1. Стали и чугуны / М.А. Филиппов, В.Р. Бараз, М.А. Герасьев, М.М. Розенбаум. 2-е изд., испр. Екатеринбург: Изд-во УрФУ, 2013. 232 с.
15. Мальцев И.М. Связь комплексов разрушения сталей с ударной вязкостью// Материаловедение. 2007. № 6. С. 10–13.

References

1. Geller Yu.A. et al. *Metallovedenie. Metody analiza, laboratornye raboty i zadachi* [Metal science. Methods of analysis, laboratory classes and problems]. 6th ed., revised and updated. Moscow: Metallurgy, 1990, 412 p. (In Russ.)
2. Yakovlev V.V., Karpov P.P., Astafiev G.N., Shanchurov S.M. On the choice of a criterion for plasticity of structural materials. *Stal* [Steel], 1999, no. 9, pp. 69–71. (In Russ.)
3. Zotkin V.E. Methods and criteria for evaluating efficiency of the use of materials. *Metallovedenie i termicheskaya obrabotka metallov* [Metal Science and Heat Treatment of Metals], 1985, no. 7, pp. 46–49. (In Russ.)
4. Gulyaev A.P. Selecting a steel grade for machine parts. *Metallovedenie i termicheskaya obrabotka metallov* [Metal Science and Heat Treatment of Metals], 1983, no. 1, pp. 54–59. (In Russ.)
5. Tretyakov V.I., Khasyanov M.A., Gornichev A.A. Methodological aspects of the optimal choice of structural materials in computer-aided design systems. *Materialovedenie* [Materials Science], 1999, no. 5, pp. 13 - 28. (In Russ.)
6. Struve N.E., Shuvalova I.S. An automated system of selecting materials and hardening chemical and heat treatment

- of gears. *Metallovedenie i termicheskaya obrabotka metallov* [Metal Science and Heat Treatment of Metals], 1992, no. 5, pp. 41–43. (In Russ.)
7. Krupin Yu.A., Kudrya A.V., Melnichenko A.S. Computer technologies in metal science. *Metallovedenie i termicheskaya obrabotka metallov* [Metal Science and Heat Treatment of Metals], 1999, no. 4, pp. 35 - 39. (In Russ.)
 8. Maltsev I.M. A database and algorithms for selecting engineering steels. *Vestnik mashinostroeniya* [Bulletin of Mechanical Engineering], 1999, no. 7, pp. 17–19. (In Russ.)
 9. Maltsev I.M. *Programmynyi kompleks vybora marki mashinostroitel'noy stali* [The software package for choosing a machine steel grade]. Software registration certificate, no.2009614298, 2009.
 10. Sedunov A.N., Maltsev I.M. Software for choosing grades of machine-building steel. *Metal Science and Heat Treatment*, 2010, 52, pp. 1-2. <https://doi.org/10.1007/S11041-010-9232-7>
 11. Filippov M.A., Baraz V.R., Gervasiev M.A., Rozenbaum M.M. *Metodologiya vybora metallicheskih splavov i uprochnyayushchikh tekhnologiy v mashinostroenii: uchebnoe posobie* [Methodology of choosing metal alloys and hardening technologies in mechanical engineering: teaching aid]. In 2 volumes. Yekaterinburg: UrFU, 2011, vol. 1, 234 p. (In Russ.)
 12. Filippov M.A., Baraz V.R., Gervasiev M.A., Rozenbaum M.M. *Metodologiya vybora metallicheskih splavov i uprochnyayushchikh tekhnologiy v mashinostroenii: uchebnoe posobie* [Methodology of choosing metal alloys and hardening technologies in mechanical engineering: teaching aid]. In 2 volumes. Vol. 2. Non-ferrous metals and alloys. 2nd ed., rev. Yekaterinburg: UrFU, 2013, vol. 2, 236 p. (In Russ.)
 13. Zotkin V.E. *Metodologiya vybora materialov i uprochnyayushchikh tekhnologiy v mashinostroenii: uchebnoe posobie* [Methodology of choosing materials and hardening technologies in mechanical engineering: teaching aid]. 4th ed., revised and updated. Moscow: FORUM: INFRA-M, 2008, 320 p. (In Russ.)
 14. Filippov M.A., Baraz V.R., Gervasiev M.A., Rozenbaum M.M. *Metodologiya vybora metallicheskih splavov i uprochnyayushchikh tekhnologiy v mashinostroenii: uchebnoe posobie* [Methodology of choosing metal alloys and hardening technologies in mechanical engineering: teaching aid]. In 2 volumes. Vol. 1. Steel and cast iron. 2nd ed., rev. Yekaterinburg: UrFU, 2013, 232 p. (In Russ.)
 15. Maltsev I.M. The relationship between steel fracture complexes and impact strength. *Materialovedenie* [Materials Science], 2007, no. 6, pp. 10–13. (In Russ.)

Поступила 08.07.2020; принята к публикации 09.09.2020; опубликована 25.09.2020
Submitted 08/07/2020; revised 09/09/2020; published 25/09/2020

Мальцев Илья Михайлович – канд. техн. наук, доцент кафедры «Материаловедение, технологии материалов и термическая обработка металлов», Нижегородский государственный технический университет имени П.Е. Алексеева, Нижний Новгород, Россия. Email: Maltcev@nntu.ru

Ilya M. Maltsev – PhD (Eng.), Associate Professor of the Department of Materials Science, Materials Technology and Heat Treatment of Metals, Alekseev Nizhny Novgorod State Technical University, Nizhny Novgorod, Russia. Email: Maltcev@nntu.ru