

ной области представляет собой многочлен, зависящий от переменной β . Например, для точки 1 (рис. 2) имеем:

$$M_{\text{в}} = \varphi_6 = \frac{5}{8} P \mu^{-1} (l - 3h) - \frac{Ph}{6(\beta + 4)} \left(\frac{\beta - 8}{24} \right)^2 [288 + 72\beta + (\beta + 4)(\beta - 8)] - \frac{Ph}{6(\beta + 4)^3} [(\beta + 4)^2 + 12(\beta + 4)] \left\{ \frac{1}{24} [96 + 24\beta + (\beta + 4)(\beta - 8)] \right\}^2. \quad (8)$$

Это свидетельствует о том, что зависимость напряжений от толщины стружки при дальнейшем решении задачи Дирихле с использованием уравнения (3) будет далеко не линейной.

Эпюра моментов, построенная обходом контура рамы, и представляет собой функцию напряжений на контуре исследуемой области.

Выводы

1. Для решения первой внутренней краевой задачи (внутренней задачи Дирихле) для лапласиана второго порядка в случае механического воздействия на древесину, в частности при резании древесных материалов, применима силовая функция Эри без привлечения характеристик, определяющих деформацию древесины.

2. Решение первой краевой задачи находится в непрерывной зависимости от граничных условий. Существует возможность их установления путем приведения в равновесие напряженной области, отвечающей принципу Сен-Венана, с дальнейшим построением эпюры функции напряжений как моментов сил, действующих на разрезную раму.

3. Для решения задач, связанных с перемещением резца во времени, в начальные условия вводятся ряд переменных: длина стружки, толщина стружки, угол резания, размер исследуемой области и др.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Амензаде Ю. А. Теория упругости.— М.: Высш. шк., 1976.— 272 с. [2]. Варвак П. И., Варвак Л. П. Метод сеток в задачах расчета строительных конструкций.— М.: Стройиздат, 1977.— 154 с. [3]. Вильке Г. Н. О методе испытания древесины на раскалывание // Лесоинженерное дело.— 1958.— № 1.— С. 136—141.— Науч. докл. высш. шк. [4]. Михайлов В. Г. Скалывание в клееных дощатых стыках // Вопросы прочности и изготовления деревянных конструкций. М.: Гос. изд-во по стр-ву, archit. и строит. материалам, 1952.— 264 с. [5]. Седов А. И. Механика сплошной среды.— М.: Наука, 1976.— Т. 2.— 576 с. [6]. Тихонов А. Н., Самарский А. А. Уравнения математической физики.— М.: Наука, 1977.— 736 с.

Поступила 27 июня 1989 г.

УДК 674.053 : 621.934

МАКСИМАЛЬНО ДОПУСТИМАЯ, ОПТИМАЛЬНАЯ И УНИВЕРСАЛЬНАЯ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ КРУГЛОЙ ПИЛЫ

Ю. М. СТАХИЕВ, С. В. ЕРШОВ

ЦНИИМОД

Скорость резания и частота вращения пил — это два физически различных, но количественно взаимосвязанных параметра. Возможность увеличения первого параметра ограничивается работоспособностью зубьев пилы, а второго — работоспособностью ее диска. Настоя-

шая статья посвящена рассмотрению основных закономерностей и нормативов, которые необходимо знать разработчикам круглопильного оборудования.

Потерю работоспособности зубьев при увеличении скорости резания обычно связывают с их повышенным износом из-за большого нагрева. Пилы по ГОСТ 980—80 изготавливаются из нетеплостойкой низколегированной стали 9ХФ (9ХФМ), свойства которой сохраняются при температуре до 200 °С [1]. Согласно исследованиям, выполненным в СССР (СибТИ, БТИ) и за рубежом, при скорости резания 60 м/с средняя температура нагрева вершины зуба может достигать 400... 500 °С.

Например, по данным СибТИ [3], при распиловке пиломатериалов толщиной 110 мм (порода — лиственница, влажность 14... 16 %) пилой диаметром 500 мм при переднем угле зубьев (γ) 30°, заднем (α) 15° и подаче на зуб 0,26 мм средняя поверхностная температура изменяется в зависимости от скорости резания (см. табл. 1).

Таблица 1

Скорость резания, м/с	25	36	52	60	71	98
Температура, °С:						
Передняя грань	208	300	380	450	550	660
Задняя грань	210	276	318	340	373	440

Данные о температурных зависимостях пределов прочности σ_b и текучести $\sigma_{0,2}$ хромованадиевой стали 9ХФ [4] приведены в табл. 2.

Таблица 2

Температура, °С	20	100	200	300	400	500	600
σ_b , МПа	1382	1372	1333	1284	1039	588	333
$\sigma_{0,2}$, МПа	1254	1245	1225	1156	990	539	284

Поскольку при скорости резания 60 м/с температура нагрева достигает 450 °С, а механические свойства стали снижаются уже существенно (\sim в 1,7 раза), то для обеспечения работоспособности зубьев стальных пил СибТИ рекомендует ограничивать скорость резания величиной 60 м/с. В руководствах по эксплуатации круглопильных станков некоторые зарубежные фирмы указывают, что стальные пилы запрещается эксплуатировать при скоростях резания выше 65 м/с. Эти рекомендации подтверждаются и результатами непосредственных исследований влияния скорости резания на затупление зубьев.

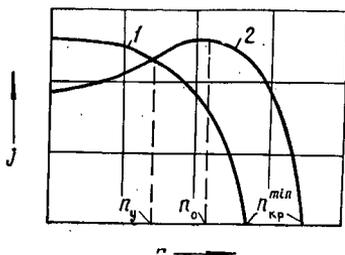
Например, по данным Львовского ЛТИ, при продольном пилении буковых досок влажностью 10... 12 % пилами с разводом зубьев 0,5 мм ($\gamma = 15^\circ$, $\alpha = 25^\circ$) и постоянной подаче на зуб 0,54 мм после пути резания 2935 м, пройденного каждым зубом в древесине, с увеличением скорости резания от 19,8 до 52,5 м/с радиус закругления главной режущей кромки возрастает на 11 %, а с увеличением скорости от 52,5 до 84,1 м/с — на 52 % [8].

Потерю работоспособности диска при увеличении частоты вращения обычно связывают с уменьшением его изгибной жесткости при критической $n_{кр}^{min}$ и закритической частотах вращения [5, 9]. Считают, что при изгибной жесткости периферийной зоны диска менее 40... 60 Н/мм он не обладает способностью эффективно сопротивляться возникающим при пилении силам. Поскольку изгибная жесткость диска при частоте вращения, равной или большей минимальной критической величины $n_{кр}^{min}$, может уменьшаться в несколько раз [6], то значение

$0,85 n_{кр}^{min}$ считается максимально допустимой частотой вращения. При этом учитывают, что проковка средней зоны пилы увеличивает частоту вращения $n_{кр}^{min}$, а нагрев периферийной зоны при пилении уменьшает ее.

Значения максимально допустимых частот вращения пил приведены в отраслевой нормативно-технической документации, например [5]. Если главное условие $n \leq 0,85 n_{кр}^{min}$ выполнено, то возникает проблема оптимизации частоты вращения по критерию изгибной жесткости.

Сотрудниками ЦНИИМОДа установлено наличие характерных частот вращения — оптимальной и универсальной. Для пояснения этих определений рассмотрим приведенные на рисунке типовые графики, отражающие влияние частоты вращения на изгибную жесткость периферийной зоны пилы.



Типовые графики влияния частоты вращения n на изгибную жесткость j периферийной зоны пилы: 1 — непрокованной с нулевым напряженным состоянием; 2 — прокованной (вальцованной) по оптимальной зоне до критического напряженно-го состояния

У прокованной до критического напряженного состояния пилы с увеличением частоты вращения изгибная жесткость сначала возрастает, а затем уменьшается. Максимальная жесткость достигается при оптимальной частоте вращения n_0 [2]. Изгибная жесткость непрокованной (невальцованной) пилы с увеличением частоты вращения уменьшается. В обоих случаях интенсивное падение изгибной жесткости происходит по мере приближения к критическим частотам вращения $n_{кр}^{min}$. Точка пересечения кривых 1 и 2 на рисунке определяет положение универсальной частоты вращения n_y . Эта частота вращения обеспечивает достаточно высокий уровень изгибной жесткости диска для диапазона начального напряженного состояния от нулевого до критического.

При универсальной частоте вращения непрокованная и прокованная до критического напряженного состояния пилы имеют одинаковую изгибную жесткость. В данном случае жесткость прокованной пилы ниже, чем при оптимальной частоте вращения, но выше, чем в статических условиях, а жесткость непрокованной несколько ниже по сравнению с условиями статики, но значительно выше, чем при $n_{кр}^{min}$.

Сотрудниками ЦНИИМОДа проведены теоретические и экспериментальные исследования по определению максимально допустимых, оптимальных и универсальных частот вращения [2, 6, 7]. Их значения для пил по ГОСТ 980—80 приведены в табл. 3; при этом начальное напряженное состояние непрокованных пил соответствовало данным табл. 2.12, а прокованных до критического напряженного состояния — данным табл. 2.17 работы [6]. Диаметр пил был принят равным диаметру окружности, проходящей через середину высоты зубьев (число зубьев $z = 48$), а поперечную сосредоточенную силу при определении изгибной жесткости прикладывали на радиусе, равном радиусу окружности впадин зубьев.

Данные табл. 3 показывают, что для усредненных толщин пил каждого диаметра по ГОСТ 980—80 и стандартных значений диамет-

Таблица 3

Диаметр пилы, мм	Расчетный диаметр пилы, мм	Диаметр зажимных фланцев, мм	Толщина пилы, мм	Частоты и скорости вращения					
				максимально допустимые		оптимальные		универсальные	
				мин - 1	м/с	мин - 1	м/с	мин - 1	м/с
315	305	100	1,8	6 650	110	5 256	87	3 127	51
			2,0	7 400	122	5 840	96	3 475	57
			2,2	8 150	134	6 420	106	3 822	63
360	348	100	2,0	5 450	103	4 501	85	2 802	53
			2,2	6 000	113	4 951	93	3 082	58
			2,5	6 800	128	5 626	106	3 502	66
400	387	125	2,0	4 550	95	3 667	77	2 175	45
			2,2	5 050	106	4 033	84	2 392	50
			2,5	5 700	119	4 583	96	2 718	57
450	435	125	2,2	3 850	91	3 168	75	1 970	46
			2,5	4 350	102	3 600	85	2 239	53
			2,8	4 900	115	4 032	95	2 508	59
500	484	125	2,2	3 050	80	2 640	69	1 630	43
			2,5	3 450	90	3 000	78,5	1 853	48
			2,8	3 850	101	3 360	88	2 075	54
560	542	160	2,2	2 500	73	2 040	60	1 262	37
			2,5	2 850	83	2 318	68	1 434	42
			2,8	3 150	92	2 596	76	1 606	47
630	609	160	2,2	1 950	64	1 560	51	1 024	34
			2,5	2 200	72	1 773	58	1 164	38
			2,8	2 450	81	1 985	65	1 304	43
710	687	160	3,0	2 650	87	2 127	70	1 397	46
			2,5	1 650	61	1 500	56	933	35
			2,8	1 800	67	1 680	62	1 045	39
800	774	160	3,0	1 950	72	1 800	67	1 120	42
			3,2	2 100	78	1 920	71	1 194	44
			2,8	1 250	52	1 320	55	835	35
900	871	200	3,0	1 350	56	1 414	59	895	37
			3,2	1 450	61	1 510	63	954	40
			3,6	1 650	69	1 700	71	1 073	45
1 000	967	200	3,2	1 200	56	1 200	56	748	35
			3,6	1 350	64	1 350	64	841	40
			4,0	1 500	71	1 500	71	935	44
1 250	1 209	240	3,6	1 050	55	1 080	56	687	36
			4,0	1 150	60	1 200	63	763	40
			4,5	1 300	68	1 350	71	859	45
1 500	1 451	300	4,5	800	52	880	58	544	36
			5,0	900	59	975	64	605	40
1 500	1 451	300	5,0	650	51	667	52	422	33
			5,5	700	55	733	58	464	36

Примечание. Максимально допустимые частоты вращения соответствуют проковке пил по нормативам табл. 3 ГОСТ 980—80. Оптимальные частоты даны для случая проковки пил по оптимальной зоне до критического состояния.

ров фланцев универсальные скорости вращения приблизительно равны 60 м/с при диаметре пил 315...360 мм, 50 — при 400...500, 40 — при 560...1 250 и 35 м/с — при 1 500 мм. Использование этих скоростей возможно, если они обеспечивают необходимые показатели процесса резания (чистоту поверхности-подачу на зуб, минимальную энергоёмкость и т. д.). Универсальная скорость позволяет при широком диапазоне изменения напряженного состояния диска сузить диапазон изменения его изгибной жесткости. Если подготовку (проковку, вальцевание) диска вести под универсальную скорость, то для холостого вращения она из категории «универсальная» перейдет в категорию «оптимальная».

Выводы

1. Скорость резания при использовании стальных пил не должна превышать максимально допустимой величины, определенной из условия обеспечения работоспособности зубьев (исключения их повышенного износа). При продольном пилении древесины максимально допустимая скорость резания равна 60...65 м/с.

2. Частота вращения пилы не должна превышать максимально допустимой величины ($0,85 n_{кр}^{min}$), определенной исходя из обеспечения работоспособности диска. Величины максимально допустимых частот вращения регламентированы отраслевым РТМ [5].

3. Ограничение по скорости резания более характерно для пил небольшого диаметра и повышенных толщин, а по частоте вращения — для пил большого диаметра и пониженных толщин. Определенная пересчетом из выбранной скорости резания частота вращения не должна превышать максимально допустимой величины.

4. Начальные (от изготовления, подготовки) и временные (от нагрева) напряжения в диске пилы могут изменяться в широких пределах. Поэтому в станках рекомендуется использовать универсальные частоты вращения, если они обеспечивают необходимые показатели процесса резания (подача на зуб, чистота поверхности, минимальная энергоемкость и т. д.).

5. Увязка нормативов проковки (вальцевания) с универсальными частотами вращения позволяет сделать последние оптимальными по критерию изгибной жесткости для условий холостого вращения диска.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Геллер Ю. А. Инструментальные стали.— 5-е изд., перераб. и доп.— М.: Металлургия, 1983.— 527 с. [2]. Ершов С. В., Стахийев Ю. М. Определение оптимальной частоты вращения прокованного диска пилы по критерию изгибной жесткости // Науч. тр. / ЦНИИМОД.— 1987.— Резервы использования материальных и трудовых ресурсов.— С. 154—162. [3]. Лейхтлинг К. А., Лейхтлинг Р. А. Выбор числа оборотов пильного вала круглопильных станков // Сб. науч.-исслед. работ / Сибирский технол. ин-т.— 1975.— Машиностроение, оборудование, ремонт и эксплуатация.— С. 36—40. [4]. Настенко А. А., Филиппов П. В. Температурная зависимость механических свойств стали 9ХФ // Совершенствование техники и технологии деревообраб. пром-сти: Тез. докл. к науч.-техн. конф. 22—24 мая 1974 г.— Киев, 1974.— С. 70. [5]. Руководящие технические материалы по определению режимов пиления древесины круглыми пилами / Ю. М. Стахийев, В. Д. Дунаев, В. К. Пашков и др.— Архангельск: ЦНИИМОД, 1988.— 74 с. [6]. Стахийев Ю. М. Работоспособность плоских круглых пил.— М.: Лесн. пром-сть, 1989.— 384 с. [7]. Стахийев Ю. М., Ершов С. В., Макаров В. В. О согласовании степени проковки (вальцевания) с частотой вращения круглой пилы // Изв. вузов. Лесн. журн.— 1988.— № 6.— С. 59—64. [8]. Тимошен С. М. О влиянии скорости резания на износ и затупляемость зубьев пил в работе // Изв. вузов. Лесн. журн.— 1970.— № 3.— С. 85—88. [9]. Szumani R. Решение проблемы круглопильных станков в США // Holz als Roh- und Werkstoff.— 1984.— Т. 42, № 8.— С. 309—314.

Поступила 12 февраля 1990 г.

УДК 674.817—41 : 658.26

ТЕПЛОВЫЕ СХЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА ДРЕВЕСНОВОЛОКНИСТЫХ ПЛИТ

А. Н. ВАСИЛЬЕВ

ВНИИдрев

Значительное количество тепловой и электрической энергии потребляют предприятия по производству древесноволокнистых плит