

تاجتار

پژوهش‌های فقهی

دوفصلنامه علمی - پژوهشی
سال هشتم، شماره ۱۵، بهار و تابستان ۱۴۰۳

سجده بر کاغذ با تأکید بر موضوع شناسی کاغذهای صنعتی^۱

محمدحسین مخبریان^۲

چکیده

یکی از مسائل مطرح در کتب فقهی، سجده بر کاغذ است. با اینکه روش امروزی و صنعتی تولید کاغذ با روش سنتی تولید آن تفاوت‌هایی دارد؛ اما هیچ‌یک از فقیهان بین حکم کاغذ سنتی و صنعتی فرقی نگذاشته‌اند. برخلاف کاغذهای سنتی که از الیاف غیرچوبی تهیه می‌شدند، کاغذهای صنعتی امروزی عمدتاً از چوب تهیه می‌شوند. یک چهارم تا یک سوم ساختار چوب را ماده‌ای به نام «لیگنین» تشکیل می‌دهد که بقای آن در خمیر کاغذ، رنگ و کیفیت کاغذ نهایی را خراب می‌کند. اگر خمیر کاغذ را با روش مکانیکی (روشی شبیه روش سنتی) تهیه کنند، این ماده در خمیر باقی می‌ماند؛ اما با روش‌های شیمیایی این ماده از خمیر کاغذ حذف می‌شود. این فرایندهای شیمیایی، شبهه‌ای جدی درباره‌ی استحالة مواد اولیه ایجاد می‌کند. استفاده از مواد شیمیایی برای سفید کردن خمیر این شبهه را تشدید می‌کند. علاوه بر

تاجتار

پژوهش‌های فقهی
سجده بر کاغذ با تأکید بر موضوع شناسی کاغذهای صنعتی

تاریخ تأیید: ۴۰۲/۱۱/۲۱
mokhberian@chmail.ir

۱. تاریخ دریافت: ۴۰۰/۵/۱۲
۲. طلبه درس خارج حوزه علمیه قم، ایران.

این، به خمیر کاغذ، انواع و اقسام افزودنی‌ها (مانند پرکننده‌های معدنی، آهاردهنده‌های درونی، موادی که به آبگیری کاغذ یا تعلیق الیاف در آب کمک می‌کنند و...) اضافه می‌شود که بسیاری از آنها نیز در جواز سجده، اشکالات دیگری ایجاد می‌کنند. نهایتاً آهار سطحی با مواد خوراکی مانند نشاسته یا پوشش دادن کاغذ، صحت سجده را کاملاً مشکل می‌کنند. در این نوشته علاوه بر مسائل کلی سجده بر کاغذهای صنعتی، مسائل اختصاصی برخی انواع کاغذ مانند کاغذ تحریر، روزنامه، کاغذهای پوشش‌دار، کاغذ اسکناس، دستمال کاغذی، مقوا، کاغذ بازیافتی و کاغذ سنگی هم مورد بررسی قرار گرفته است. با بررسی مجموع مسائل فوق و توجه به این نکته که شناخت مصداقی فرایند ساخت، ترکیب خمیر، مواد افزودنی و لایه‌های سطحی غالباً برای مکلف مقدور نیست، روشن می‌شود که با سجده بر اکثر قریب به اتفاق کاغذهای صنعتی، نمی‌توان صحت سجده را احراز نمود.

واژگان کلیدی: سجده، کاغذ، چوب، استحاله، سلولز، لیگنین، آهار.

مقدمه

در مقاله «سجده بر کاغذ با تأکید بر موضوع شناسی کاغذهای سنتی» با بررسی سجده بر کاغذهای سنتی، توضیح داده شد که طبق روایت هشام بن حکم^۱، قاعده اصلی برای محل سجده‌گاه، این است که جنسش از زمین یا از رویدنی‌هایی از زمین باشد که خوردنی و پوشیدنی نباشند. از لحاظ تاریخی، «کاغذ» و «قرطاس» دو نوع شبیه به هم از ورقه‌های گیاهی قابل نوشتن بوده‌اند که در زمان صدور روایات (قرن دوم و سوم هجری) از یکدیگر تمایز داشته‌اند. «قرطاس» مرسوم در آن زمان - که از ساقه گیاه بردی و در مصر تولید می‌شد - به تدریج از دور خارج، و «کاغذ» - که از خمیر تولید می‌شد و چینی‌ها مبدع فناوری آن بودند - جایگزین آن شده است؛ اما اسم «کاغذ» در زبان عربی به تدریج به

۱. ابن بابویه، من لایحضره الفقیه، ج ۱، ص ۲۷۲: «قَالَ هِشَامُ بْنُ الْحَكَمِ لِأَبِي عَبْدِ اللَّهِ عليه السلام أَخْبَرَنِي عَمَّا يَجُوزُ السُّجُودَ عَلَيْهِ وَعَمَّا لَا يَجُوزُ قَالَ السُّجُودُ لَا يَجُوزُ إِلَّا عَلَى الْأَرْضِ أَوْ عَلَى مَا أَنْبَتِ الْأَرْضُ إِلَّا مَا أَكَلَ أَوْ لَبَسَ فَقَالَ لَهُ جُعِلَتْ فِدَاكَ مَا الْعِلَّةُ فِي ذَلِكَ قَالَ لِأَنَّ السُّجُودَ خُضُوعٌ لِلَّهِ عَزَّ وَجَلَّ فَلَا يَنْبَغِي أَنْ يَكُونَ عَلَى مَا يُؤْكَلُ أَوْ يُلْبَسُ لِأَنَّ أَبْنَاءَ الدُّنْيَا عَبِيدُ مَا يَأْكُلُونَ وَيَلْبَسُونَ وَالسَّاجِدُ فِي سُجُودِهِ فِي عِبَادَةِ اللَّهِ عَزَّ وَجَلَّ فَلَا يَنْبَغِي أَنْ يَضَعَ جَبْهَتَهُ فِي سُجُودِهِ عَلَى مَعْبُودِ أَبْنَاءِ الدُّنْيَا الَّذِينَ اغْتَرَوْا بِغُرُورِهَا وَالسُّجُودُ عَلَى الْأَرْضِ أَفْضَلُ لِأَنَّهُ أْبْلَغُ فِي التَّوَضُّعِ وَالْخُضُوعِ لِلَّهِ عَزَّ وَجَلَّ.»

«قرطاس» تغییر کرده است. با توجه به این نکته، در میان روایاتی که در مورد سجده بر این دو عنوان سخن گفته‌اند^۱، تنها صحیحۀ داود بن ابی‌زید دربارهٔ سجده بر کاغذ سخن گفته و آن را جایز دانسته است. با بررسی دقیق‌تر روشن می‌شود که در زمان صدور روایات، کاغذها را از مواد اولیهٔ متنوعی مانند پنبه، کتان، کنف، پوست درخت (مخصوصاً درخت توت)، بامبو، کاه، چوب و... می‌ساختند. برخی از این مواد (مانند پنبه و کتان)، مصداقی برای عنوان «ملبوس» در روایت هشام بن حکم هستند؛ بنابراین اگر اطلاق صحیحۀ داود بن ابی‌زید احراز شود، باید آن را مخصص روایت هشام قرار داد. با بررسی‌های انجام شده، احراز چنین اطلاقی برای روایت داود مشکل است.

راه دیگری نیز برای توجیه جواز سجده بر کاغذ ارائه شده است: گفته شود که مواد اولیه، در فرایند سنتی تولید کاغذ، استحاله می‌شوند و لذا محصول، جنسی غیر از جنس مواد اولیه دارد. بنابراین روایات سجده بر کاغذ، سجده بر آن را به عنوان یک مادهٔ جدید تجویز کرده‌اند و به این ترتیب ادلهٔ عام، تخصیص خورده‌اند. این توجیه نیز قابل قبول نیست؛ زیرا بررسی فرایند سنتی تولید کاغذ نشان می‌دهد که ادعای استحاله در مواد اولیه، قابل اثبات نیست و مواد اولیه فقط تغییر شکل پیدا می‌کنند.

در مجموع، صحت سجده بر کاغذ سنتی تولید شده از الیافی همچون پنبه و کتان - الیافی که از آنها می‌توان پوشیدنی تولید کرد - دلیل قابل دفاعی ندارد و در این کاغذها،

ما اجتهاد
پژوهش‌های فقهی

سجده بر کاغذ با تأکید بر موضوع‌شناسی کاغذهای صنعتی

۱. سه روایت در موضوع سجده بر کاغذ مطرح است:

یکم: صحیحۀ صفوان جمّال: «أحمد بن محمد عن عبد الرحمن بن أبي نجران عن صفوان الجمال قال: رَأَيْتُ أَبَا عَبْدِ اللَّهِ عليه السلام فِي الْمَحْمَلِ يَسْجُدُ عَلَى قِرْطَاسٍ وَ أَكْثَرَ ذَلِكَ يَوْمِي إِيمَاءً.» طوسی، تهذیب الأحكام، ج ۲، ص ۳۰۹.

دوم: صحیحۀ جمیل بن درّاج: «محمد بن یحیی عن أحمد بن محمد عن الحسين بن سعيد عن فضالة عن جميل بن دراج عن أبي عبد الله عليه السلام أَنَّهُ كَرِهَ أَنْ يُسْجَدَ عَلَى قِرْطَاسٍ عَلَيْهِ كِتَابَةٌ.» کلینی، الکافی، ج ۳، ص ۳۳۲؛ طوسی، تهذیب الأحكام، ج ۲، ص ۳۰۴. موضوع این دو روایت سجده بر قرطاس است.

سوم: صحیحۀ داود بن ابی‌زید (صحیحۀ علی بن مهزیار): «سَأَلَ دَاوُدُ بْنُ أَبِي زَيْدٍ أَبَا الْحَسَنِ الثَّالِثَ عليه السلام عَنِ الْقِرَاطِيسِ وَ الْكُوَاغِذِ الْمَكْتُوبَةِ عَلَيْهَا هَلْ يَجُوزُ عَلَيْهَا السُّجُودُ فَكَتَبَ يَجُوزُ.» ابن بابویه، من لايحضره الفقيه، ج ۱، ص ۲۷۰؛ طوسی، تهذیب الأحكام، ج ۲، ص ۲۳۵؛ همو، ص ۳۰۹؛ همو، الاستبصار، ج ۱، ص ۳۳۴.

معیار اصلی برای جواز سجده، جایز بودن سجده بر مواد اولیه است.^۱ تولید کاغذ به روش سنتی از نیمه قرن نوزدهم میلادی، جای خود را به روش‌های صنعتی داد و مکلف امروزی با کاغذهایی روبه‌روست که در فرایندهای صنعتی در کارخانه‌های بزرگ تولید می‌شوند. تولید کاغذ در این کارخانه‌ها با تولید در کارگاه‌های کوچک سنتی، تفاوت‌هایی دارد که ممکن است بر حکم سجده اثر داشته باشد؛ از این رو لازم است که حکم سجده بر کاغذهای صنعتی، جداگانه بررسی شود. در این نوشته ضمن مرور مختصر فرایند تولید کاغذ به روش صنعتی، تفاوت‌های ساختاری چوب-به‌عنوان مهم‌ترین ماده مورد استفاده- با الیافی که در تولید سنتی مورد استفاده قرار می‌گرفتند، بیان خواهد شد. این تفاوت‌ها و نیز موادی که به خمیر کاغذ افزوده می‌شوند، در حکم، اثر خواهند داشت. همچنین با توجه به اینکه امروزه انواعی از کاغذهای خاص تولید می‌شود، حکم آنها در بخشی مجزا بررسی خواهد شد.

پیشینه

در مورد صحت سجده بر کاغذهای صنعتی، کار تحقیقاتی فقهی مستقلی انجام نشده است^۲ و بحث‌های موجود، نسبتاً بسیط و محدود به همین فرع در باب سجده از کتاب الصلاة است. از زمان تولید کاغذ صنعتی (تقریباً از دوره صاحب جواهر) در میان فقیهان سه نظر در مورد سجده بر کاغذ مطرح شده است^۳:

یکم؛ گروهی سجده بر هر نوع کاغذ را صحیح می‌دانند؛ مانند صاحب جواهر، آقا رضا همدانی، سید محمدکاظم یزدی، محقق عراقی و آقایان امام خمینی، خویی، شهید صدر، تبریزی و مکارم شیرازی.^۴

۱. برای مطالعه تفصیلی بحث‌ها مراجعه شود به مقاله: مخبریان، «سجده بر کاغذ با تأکید بر موضوع‌شناسی کاغذهای سنتی»، پژوهش‌های فقهی تاجتهد، شماره ۱۳.
۲. البته مقالات و کتاب‌های پرشماری درباره روش تولید کاغذ صنعتی و مواد به کار رفته در آن در جهان به چاپ رسیده و می‌رسد که روشن است ربطی به بحث فقهی سجده بر کاغذ ندارد.
۳. همچنین در عبارات برخی فقیهان مانند حاج شیخ عبدالکریم حائری و سید احمد خوانساری تردید به چشم می‌خورد: حائری یزدی، کتاب الصلاة، ص ۱۰۱؛ خوانساری، جامع المدارک، ج ۱، ص ۳۰۴.
۴. نجفی، جواهر الکلام، ج ۸، ص ۴۳۰؛ همدانی، مصباح الفقیه، ج ۱۱، ص ۱۹۵؛ یزدی، العروة الوثقی، ج ۱،

دوم؛ گروهی سجده بر کاغذ با منشأ گیاهی را صحیح دانسته و سجده بر کاغذ با منشأ حیوانی را صحیح نمی‌دانند؛ مانند سید ابوالحسن اصفهانی و آقایان فاضل لنکرانی در تعلیقات عروه، بهجت، شبیری و سیستانی.^۱

سوم؛ گروهی تنها سجده بر کاغذی را صحیح می‌دانند که از گیاهی تولید شده باشد که سجده بر آن گیاه صحیح باشد؛ مانند آقایان بروجردی، محقق داماد، سید محسن حکیم، گلپایگانی، اراکی، فاضل لنکرانی در شرح تحریر الوسيلة، سید محمدصادق روحانی، وحید خراسانی و صافی گلپایگانی.^۲

همان طور که مشاهده می‌شود هیچ‌یک از فقیهان، میان فرایندهای مختلف تولید کاغذ و نیز میان کاغذهای سنتی و صنعتی تفصیلی نداده‌اند که نشان می‌دهد در نظر ایشان حکم سجده بر انواع کاغذها یکسان بوده است یا نسبت به چنین تفاوتی غفلت داشته‌اند.

مروری بر فرایند تولید کاغذ سنتی

در روش سنتی برای تولید کاغذ از الیاف، معمولاً این مراحل طی می‌شود: قسمت‌های حاوی الیاف سلولزی (مانند پوست درخت توت، پنبه، ساقه‌های کنف و کتان و بامبو و...) جمع‌آوری، تمیز و از قسمت‌های دیگر گیاه جدا می‌شوند. معمولاً این الیاف را خشک کرده

ما مجله
پژوهش‌های فقهی

- ص ۵۹۱؛ عراقی، شرح تبصرة المتعلمین، ج ۱، ص ۴۲۸؛ خمینی، تحریر الوسيلة، ج ۱، ص ۱۵۰؛ خویی، منهاج الصالحین، ج ۱، ص ۱۴۵؛ خویی، موسوعة الإمام الخوئی، ج ۱۳، ص ۱۳۳؛ صدر، الفتاوی الواضحة، ص ۵۰۶؛ تبریزی، منهاج الصالحین، ج ۱، ص ۱۵۰؛ همو، المسائل المنتخبة، ص ۱۱۱؛ یزدی، العروة الوثقی مع التعلیقات، ج ۱، ص ۴۹۰.
۱. اصفهانی، وسیلة النجاة، ص ۱۳۷؛ فاضل لنکرانی، العروة الوثقی مع تعلیقات الفاضل، ج ۱، ص ۴۲۳؛ بهجت، وسیلة النجاة، ص ۱۸۷؛ شبیری، المسائل الشرعية، ص ۲۴۱؛ سیستانی، المسائل المنتخبة، ص ۱۴۷؛ همو، منهاج الصالحین، ج ۱، ص ۱۸۵.
۲. بروجردی، نهاية التقرير، ج ۱، ص ۴۷۳؛ محقق داماد، کتاب الصلاة، ج ۳، ص ۱۰۸؛ حکیم، مستمسک العروة الوثقی، ج ۵، ص ۵۰۳؛ حکیم، منهاج الصالحین، ج ۱، ص ۲۰۰؛ یزدی، العروة الوثقی مع التعلیقات، ج ۱، ص ۴۹۰؛ اراکی، کتاب الصلاة، ج ۱، ص ۳۵۵؛ فاضل لنکرانی، تفصیل الشریعة فی شرح تحریر الوسيلة (کتاب الصلاة)، ص ۴۲۷؛ روحانی، فقه الصادق علیه السلام، ج ۴، ص ۲۷۹؛ (البته آقای سید محمدصادق روحانی در کاغذ ساخته‌شده از حریر و قطن و کتان احتیاط واجب در ترک دارد: روحانی، منهاج الصالحین، ج ۱، ص ۲۰۲)؛ وحید خراسانی، منهاج الصالحین، ج ۲، ص ۱۶۱ و نیز ص ۱۶۲؛ صافی گلپایگانی، هدایة العباد، ج ۱، ص ۱۱۷ (آقای صافی نیز احتیاط واجب آقای روحانی را بیان کرده است.).

و در زمان تهیه کاغذ، آن را به مدت طولانی در آب خیس می‌کنند تا آب به خوبی در میان الیاف نفوذ نماید. سپس آنها را به همراه موادی مانند خاکستر یا آهک به مدت چند ساعت می‌پزند تا کاملاً نرم شوند. الیاف پخته شده، به خوبی شسته می‌شوند تا خاکستر و یا آهک از آن کاملاً جدا شوند. الیاف تمیز شده، ریزریز شده و مدت‌ها کوبیده می‌شوند تا کاملاً نرم شده، حالت خمیری به خود بگیرند. این خمیر با آب رقیق شده و با یک توری قابدار، یک لایه از آنها را برمی‌دارند، آب از لای توری خارج می‌شود و الیاف بر روی هم، یک لایه نمدی را ایجاد می‌کنند. پس از خروج آب، کاغذ تولید شده از روی توری به میان صفحه‌هایی که آب جذب می‌کنند (مانند پارچه یا مواد مشابه) برگردانده می‌شود. این لایه‌ها در فشار قرار می‌گیرند تا آب آنها خارج شود. پس از یک تا سه روز زیر فشار بودن برگه‌ها، برگه‌های نمدار، بر روی سطوحی مانند سطح دیوار خشک می‌شوند و نهایتاً روی آنها را با سنگ یا شیشه صیقل می‌دهند تا برای نوشتن آماده شوند.^۱ در تولید سنتی کاغذ، تغییر شیمیایی یا استحاله در مواد اولیه صورت نمی‌گیرد.

تاریخچه تولید صنعتی کاغذ و مواد اولیه آن

از قرن هجدهم میلادی دیگر تولید دستی کاغذ، پاسخگوی نیاز بشر نبود. در سال ۱۷۹۸م، نیکولا لویی روبرت فرانسوی ماشینی برای تولید کاغذ طراحی کرد. ماشین او -به خاطر آنکه فرایند ساخت کاغذ در آن به صورت پیوسته بود- صنعت کاغذسازی را متحول ساخت. چند سال بعد، برادران انگلیسی فورد رینیر با سرمایه‌گذاری بر روی ماشین روبرت، آن را به گونه‌ای ارتقا دادند که بسیاری ماشین‌های ساخت کاغذ امروزی بر همان اساس کار می‌کند.^۲ دستگاه‌های امروزی، در هر دقیقه بین ۳۰۰ تا ۱۰۰۰ متر کاغذ با عرض یک تا چند متر تولید می‌کنند.^۳ این مقدار از تولید کاغذ، تغییراتی در روش تولید کاغذ و مواد اولیه ایجاد کرده است و دیگر تهیه کاغذ از الیاف غیرچوبی جوابگو نیست. در حالی که تا یکی

۱. لاودی، کاغذهای اسلامی، بررسی یکی از صنایع باستانی، صص ۵۹ تا ۶۲.

۲. منظور الاجداد، مفاهیم نظری و کاربردی ساخت کاغذ و فرآیند چاپ، صص ۱۴ و ۱۵.

۳. پورممتاز و مدرسی تهرانی، کاغذ (از مجموعه کتاب‌های مرجع نشر)، ص ۶۱.

دو قرن پیش، تولید کاغذ از چوب نادر بود^۱ و کاغذ از الیاف پنبه یا کتان - عمدتاً از پوشاک کهنه و دورریز - تهیه می‌شد، از حدود ۱۸۵۰ م. تاکنون، عمده کاغذها به جای الیاف گیاهان کتان، پنبه، کنف و... از چوب درختان تولید می‌شود؛ تا جایی که امروزه حدود ۸۸ درصد کاغذها، از الیاف طبیعی چوب درختان (ترکیبی از چوب درختان سوزنی و پهن برگ) تأمین شده و تنها حدود ۱۲ درصد از الیاف غیرچوبی (باگاس (تفاله نیشکر)، خیزران، جوت، رامی، کتان، کنف و پنبه در کنار برخی علف‌ها مانند اسپارتو، کاه و کلش گندم و جو، چاودار و برنج) ساخته می‌شوند^۲؛ که آن هم بیشتر در کشورهایی است که منابع چوبی را مانند جنگل در اختیار ندارند.^۳

ساختار چوب و اثر آن در تولید کاغذ

برای اینکه تصور دقیقی از تولید کاغذ از چوب به دست آید، لازم است تفاوت ساختار چوب با الیاف غیرچوبی روشن شود. این تفاوت‌ها در فرایند تولید کاغذ از چوب - در مقایسه با تولید کاغذ از الیاف غیرچوبی - تغییراتی ایجاد می‌کند که بر حکم سجده بر کاغذ مؤثر است. در تهیه خمیر این کاغذها، هم از چوب سوزنی‌برگان (Softwoods) و هم از چوب پهن‌برگان (Hardwoods) استفاده می‌شود. این دو نوع چوب، خواص مختلفی به کاغذ تولید شده می‌دهند و عموماً از ترکیبی از آنها برای تهیه خمیر کاغذ استفاده می‌شود. سه ماده اصلی در هر دو نوع چوب وجود دارد: سلولز، همی سلولز و لیگنین.^۴

سلولز - که ماده اصلی برای تولید کاغذ است - یک بسپار (پلیمر) خطی است که زنجیره‌ای طویل از ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰۰ واحد ساختاری (مونومر) را تشکیل می‌دهد.^۵ این زنجیره‌ها در محیط آبی با هم پیوندهای عرضی ایجاد می‌کنند که پس از خروج آب، صفحه

۱. در عبارات فقیهانی چون سید جواد عاملی و صاحب جواهر به نادر بودن تولید کاغذ از چوب تصریح شده است: عاملی، مفتاح الکرامه، ج ۶، ص ۳۵۴؛ نجفی، جواهر الکلام، ج ۸، ص ۴۳۱.
۲. روبرتس، شیمی کاغذ، ص ۶. طبق برخی دیگر از آمارها این نسبت ۹۵ به ۵ است.
۳. بابازاده، «سیری در پیدایش کاغذ»، فصلنامه کتاب، شماره ۵۵، صص ۸۹ و ۹۰.
۴. البته علاوه بر این سه ماده، برخی مواد آلی دیگر مانند الکل‌ها و رزین‌ها نیز در چوب وجود دارند که مقدار یا اثر قابل توجهی بر کاغذ تولیدی ندارند.
۵. روبرتس، شیمی کاغذ، ص ۲۰.

به هم پیوسته نمدمانندی ایجاد می کنند.

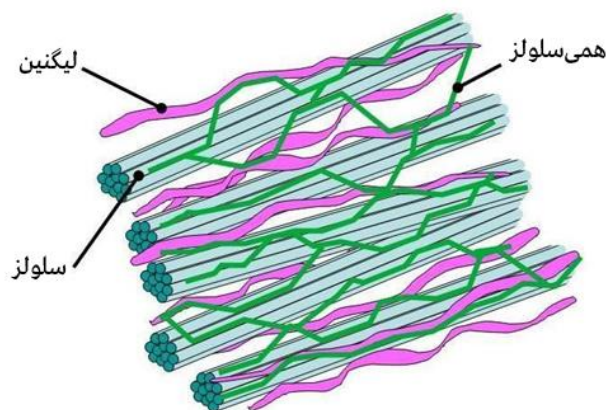
همی سلولزها پلیمرهایی غیرمنظم (غیرخطی^۱) هستند که درجه پلیمریزاسیون بسیار کمتری در مقایسه با سلولز دارند (بین ۱۵۰ تا ۲۰۰ واحد مونومری). آنها تقریباً یک سوم از دیواره های سلولی چوب را تشکیل می دهند. همی سلولزها بر روی خصوصیات خمیر و کاغذ، اثرات مثبتی دارند؛ مثلاً مقاومت کششی کاغذ با میزان همی سلولزهای آن ارتباط مستقیمی دارد.^۲

لیگنین یک ترکیب پلیمری آروماتیک با فرمول تقریبی $C_6H_{11}O_4$ است که در ساختار چوب وجود دارد. لیگنین فضاهای بین سلولز و همی سلولزها را در دیواره سلولی پر کرده و به دیواره سلولی استحکام می بخشد. (ساقه ها و چوب گیاه به وسیله فیبرهای سلولزی حمایت می شود که به شکل ماتریس لیگنین توزیع شده اند. در این ماتریس، سلولز نقش میلگرد و لیگنین نقش سیمان را دارد.^۳) (شکل ۱) وجود لیگنین تقریباً همه پارامترهای مؤثر در کیفیت کاغذ را کاهش می دهد: سبب شکننده شدن کاغذ می شود و به دلیل اکسید شدن در مقابل نور، سبب افزایش زردی و تیرگی کاغذ می شود. کاغذ روزنامه، نمونه ملموسی از کاغذهای حاوی لیگنین بالاست. مقدار لیگنین چوب با افزایش سن گیاه، افزایش می یابد.^۴ بنابراین برای تولید کاغذهای با کیفیت تر، لازم است لیگنین کاغذ از آن جدا شود. حذف لیگنین در دما و فشار بالا با استفاده از مواد شیمیایی انجام می شود.^۵

چوبها حدود ۲۰ تا ۳۰ درصد لیگنین دارند؛ اما لیگنین الیاف گیاهانی مانند کنف نسبت به چوب بسیار پایین تر است^۶ و بخشی از آن در همان فرایند مکانیکی ساخت خمیر

۱. تاتاری، زینلی، «همی سلولوزها: آثار، انواع و کاربردهای آنها به عنوان پلیمرهای مقاومت خشک کاغذ»، فصلنامه سپارش، دوره ۳، شماره ۴، صص ۱۳-۲۵.
۲. روبرتس، شیمی کاغذ، صص ۲۱ تا ۲۴.
۳. سایت «وطن بیو»، «سلولز چیست؟ حقایق و کاربردهای سلولز»، ۲۸ تیر ۱۴۰۰، vatan.bio/blog/cellulose.
۴. روبرتس، شیمی کاغذ، ص ۹.
۵. همان، ص ۱۰.
۶. در مورد مقدار لیگنین موجود در کنف آمار مختلفی ارائه شده است که ممکن است بر حسب نوع کنف مورد استفاده متغیر بوده باشد:

کاغذ از آن خارج می‌شده است؛ از این رو در تولید خمیر کاغذ از آنها، عملاً فرایند خاصی برای لیگنین زدایی انجام نمی‌شده و با این حال کیفیت کاغذهای تولیدی به روش‌های سنتی از کیفیت کاغذهای صنعتی بهتر بوده است. لذا تولید کاغذ از چوب نسبت به تولید کاغذ از الیاف غیرچوبی یک مرحله اضافه دارد و آن حذف لیگنین از چوب است.



شکل ۱. نمایی فرضی از پراکنندگی سلولز، همی سلولزها و لیگنین در بافت چوب

فرایند تولید صنعتی کاغذ

در کارخانه‌های تولید خمیر کاغذ، ابتدا چوب‌های درختان را با آسیاب‌های بزرگ، خرد کرده، اصطلاحاً چپیس (پوشال ریز) چوب تهیه می‌کنند. سپس آنها را می‌خیسانند تا آب جذب کنند. سپس چوب را به خمیر کاغذ تبدیل می‌کنند: خمیرسازی فرایندی است که طی آن با شکستن پیوندهای درونی ساختار چوب، مواد خام سلولزی آن به توده‌ای از الیاف تبدیل می‌شود که قابلیت استفاده در دستگاه‌های کاغذسازی را دارد. این کار را می‌توان به

- مقدار لیگنین موجود در پوست کنف، کمتر از ۱۴ درصد است: فائزی پور و دیگران، «بررسی گیاه کنف در تهیه خمیر کاغذ»، مجله منابع طبیعی ایران، ج ۵۳، شماره ۳، جدول ص ۲۴۳.
 - مقدار لیگنین موجود در فیبرهای کنف بین ۳/۵ تا ۵/۵ درصد است: Zimniewska and others, "Nanolignin Modified Linen Fabric as a Multifunctional Product", Molecular Crystals and Liquid Crystals, Volume ۴۸۴, Issue ۱, p ۴۴.
- در مورد کتان این مقدار، بین ۰/۶ تا ۵/۰ درصد بیان شده است: همان منبع.

طور مکانیکی، شیمیایی، حرارتی یا با تلفیقی از این روش‌ها انجام داد؛ البته روش حرارتی، روش مستقلی نیست و به عنوان تسهیل در دو روش دیگر، به کار می‌رود:

۱. روش مکانیکی: در این روش با استفاده از چرخش استوانه‌هایی که زائده‌های ریزی دارند، آن قدر مخلوط خرده چوب‌ها را می‌سایند تا خمیری شیری‌رنگ تولید شود. برای تسهیل، این کار را در حرارت بالا انجام می‌دهند. افزایش کوبیدن و ساییدن خمیر، موجب بیشتر باز شدن الیاف سلولزی از هم، افزایش چگالی ظاهری الیاف و نیز افزایش انعطاف‌پذیری الیاف خواهد شد. این امر موجب می‌شود الیاف بر روی یکدیگر خوابیده و سطح تماس بیشتری به وجود آید و به این ترتیب، اتصال بین الیاف، تقویت شود. در این روش چیزی از کاغذ خارج نمی‌شود و بیش از ۹۰ درصد از وزن خرده‌چوب‌ها، به خمیر کاغذ تبدیل می‌شوند. چون در این روش لیگنین هم از خمیر خارج نمی‌شود، خمیر مکانیکی حاوی مقدار زیادی لیگنین است^۱ و به خاطر وجود مقدار زیاد لیگنین، این خمیر استحکام زیاد و رنگ سفیدی ندارد و برای کاربردهایی همچون کاغذ روزنامه مناسب است.^۲

۲. روش شیمیایی: در روش شیمیایی تراشه‌های چوب با به کارگیری گرما و فشار تحت تأثیر ترکیبات شیمیایی قرار می‌گیرند. در نتیجه، در طول مراحل تولید کاغذ، لیگنین تجزیه شده و از بین می‌رود. این کار را با استفاده از دیگ بخار کروی و جوشاندن خمیر کاغذ با فشار زیاد در حضور یکی از دو ماده سود سوزآور (فرایند بازی) یا سولفیت (فرایند اسیدی) انجام می‌دهند. محصولی که از روش شیمیایی به دست می‌آید، کمتر از محصول روش مکانیکی است (چون بخشی از الیاف به عنوان مواد زائد خارج می‌شوند)، ولی در این فرایند به خاطر استفاده نکردن از فعالیت مکانیکی شدید، الیاف، آسیب کمتری دیده و در نتیجه بلندتر خواهند بود. این امر در استحکام کاغذ نهایی مؤثر است. مهم‌ترین انگیزه برای استفاده از مواد شیمیایی در تولید خمیر کاغذ، حل کردن لیگنین چوب است که آن را با واکنش‌های شیمیایی به مواد دیگر تبدیل می‌کنند که یا قابل جداسازی از خمیر است یا

۱. روبرتس، شیمی کاغذ، صص ۱۰ و ۲۵.

۲. منظور الاجداد، مفاهیم نظری و کاربردی ساخت کاغذ و فرآیند چاپ، صص ۲۱ تا ۲۳؛ مدخل کاغذ، دایرة المعارف کتابداری و اطلاع رسانی.

بی‌رنگ هستند. این کار، گاهی چند مرحله تکرار می‌شود تا لیگنین به تدریج از خمیر جدا شود و ییاف، آسیب کمتری ببینند. با این حال، اندکی از لیگنین در خمیر حاصل از فرایند شیمیایی باقی می‌ماند. دو نوع فرایند شیمیایی برای تهیه خمیر شیمیایی استفاده می‌شود:

ا. فرایند سودا (سولفید / سولفات^۱): این فرایند به فرایند کرافت^۲ مشهور است و ۷۰ درصد از خمیرهای شیمیایی جهان با آن تولید می‌شوند. ماده شیمیایی مورد استفاده، هیدروکسید سدیم (NaOH) و سولفید سدیم (Na_۲S) است. هیدروکسید سدیم و سولفیت و سولفات سدیم را با تراشه‌های چوب، داخل دستگاهی با تغذیه پیوسته، می‌پزند. مدت عملیات در این ماشین در حدود ۲ تا ۳ ساعت است و پس از آن فیبرها به سادگی از چوب جدا می‌شوند. در این فرایند لیگنین تجزیه شده، با سدیم واکنش می‌دهد و به صورت نمک سدیم، حل و از چوب خارج می‌شود. در این روش حدود ۶۵ تا ۷۵ درصد وزن تراشه‌های خشک، به خمیر کاغذ تبدیل می‌شوند. خمیر حاصل از این فرایند را کرافت می‌نامند که قهوه‌ای تیره است.^۳ کاغذهای تولید شده از خمیر کرافت رنگبری نشده، برای ساخت کاغذهای بسته‌بندی مستحکم مانند پاکت‌های کاغذی میوه و خشکبار، پاکت سیمان و جعبه‌های بسته‌بندی، کارتن‌های محکم و... استفاده می‌شود که از روی رنگشان قابل تشخیص هستند.

ب. فرایند سولفیت: ماده شیمیایی مورد استفاده در این فرایند، اسید سولفورو (H_۲SO_۳) همراه با یون بی‌سولفیت (HSO_۳⁻) است. در این فرایند لیگنین با یون‌های موجود در محیط واکنش داده، تبدیل به نمک شده و خارج می‌شود. تراشه‌ها و مایع شیمیایی را همراه با یکدیگر بین ۶ تا ۲۴ ساعت می‌پزند و پس از آن خمیر چوب حاصل را غربال کرده و می‌شویند. در فرایند پخت تراشه‌ها، ناخالصی‌های عمده موجود در تراشه‌های چوب (لیگنین، صمغ‌ها و مواد همی سلولزی) حل شده و از فیبرها جدا می‌شود. محصول نهایی فیبرهای سلولزی خالص است. در این روش فقط حدود ۵۰ درصد وزن تراشه‌های چوب خشک، به خمیر کاغذ تبدیل می‌شوند. رنگ خمیر سولفیت روشن‌تر از خمیر کرافت است،

۱. به دلیل حضور سولفات سدیم در فرایند بازتولید سولفید سدیم، این روش گاهی فرایند سولفات هم خوانده می‌شود.

۲. کرافت (Kraft) در زبان آلمانی به معنای محکم است.

۳. منظور الاجداد، مفاهیم نظری و کاربردی ساخت کاغذ و فرایند چاپ، ص ۲۷.

اما مقاومت کاغذش کمتر است.^۱

به خمیر تولید شده از روش‌های شیمیایی، «خمیر بی‌چوب» گفته می‌شود.

۳. روش‌های ترکیبی: هم‌اکنون روش‌هایی در کاغذسازی وجود دارد که از خصوصیات هر دو روش مکانیکی و شیمیایی بهره می‌گیرند. در این روش‌ها معمولاً بخشی از فرایند شیمیایی انجام می‌شود و لیگنین تا حدی خارج می‌شود؛ اما تکمیل نهایی خمیر، با فرایندهای مکانیکی مانند پالایش صورت می‌پذیرد.^۲ پالایش خمیر، یکی از کارهای مهمی است که در این روش، پیش از تولید کاغذ، روی آن انجام می‌شود؛ منظور از پالایش این است که خمیر یادشده را آن قدر می‌سایند تا الیاف سلولز به خوبی از هم جدا شوند و آب کافی جذب کنند. این کار باعث افزایش کیفیت کاغذ می‌شود.

سفید کردن: خمیر حاصل از هر دو روش مکانیکی و شیمیایی، تیره است؛ مخصوصاً خمیر کرافت، رنگ قهوه‌ای تیره دارد. اگر کاغذ سفید مورد نظر باشد، عملیات شست‌وشو و رنگ‌بری (سفید کردن) با استفاده از مواد شیمیایی دیگر بر روی خمیر انجام می‌شود. به طور معمول، رنگ‌بری خمیرهای بی‌چوب، عملیاتی چند مرحله‌ای است. خمیر را از داخل تعدادی مخزن عبور می‌دهند. در هر مخزن عملیاتی با استفاده از عوامل رنگ‌بر شیمیایی انجام می‌شود. در نتیجه هر مرحله کیفیت رنگ خمیر را مقداری بهبود می‌دهد تا زمانی که درجه سفیدی مورد نظر به دست آید. مواد شیمیایی مورد استفاده در این عملیات عبارتند از: کلر^۳، اکسیژن، پراکسید هیدروژن، بی‌سولفیت منیزیم و آب.

تولید کاغذ از خمیر آماده شده: خمیر آماده شده با آب رقیق شده و وارد خط تولید کاغذ می‌شود. این خمیر از زیر جعبه‌ای -که به نام Headbox شناخته می‌شود- به کمک یک تیغه، به صورت یکنواخت بر روی یک توری سیمی گردان ریخته می‌شود. در خلال گردش این توری، آب از زیر آن خارج می‌شود. از فشار یک غلتک برای کمک به خروج آب استفاده می‌شود. وقتی عمده آب خمیر از آن خارج شد، با کمک یک تیغه، خمیر از روی

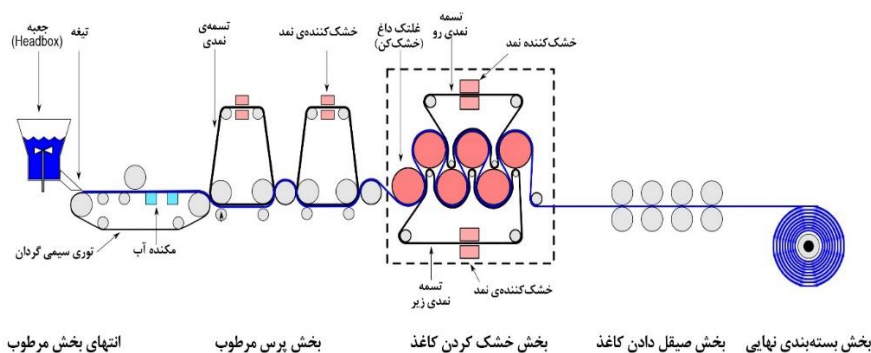
۱. همان، ص ۴۰.

۲. همان، ص ۴۱.

۳. به علت تأثیرات آلاینده کلر در محیط زیست، استفاده از آن کم‌کم در حال منسوخ شدن است.

توری سیمی برداشته شده و وارد قسمت پرس مرطوب می‌شود. در این قسمت خمیر نمدی شکل کاغذ، فشرده و آب بیشتری از آن خارج می‌شود. این کار به ارتباط بیشتر الیاف سلولز با هم و تشکیل پیوندهای عرضی بیشتر کمک می‌کند و باعث می‌شود کاغذ محکم‌تری به دست آید. در مرحله بعد، نوار کاغذی وارد خشک کن می‌شود و از میان غلتک‌هایی که با بخار آب داغ شده‌اند، عبور می‌کند تا رطوبت آن کاملاً خارج شود. سپس آهاردهی سطحی و پوشش‌دهی کاغذ (در صورت لزوم) انجام می‌شود.

در بخش بعدی، کاغذی که تقریباً خشک است، از میان غلتک‌هایی بسیار صیقلی - که با سرعت می‌چرخند - عبور می‌کند و فشار داده می‌شود. به این ترتیب سطح کاغذ پرداخت شده و کاغذی صاف و صیقلی با ضخامت مورد نظر به دست می‌آید. نهایتاً کاغذ تولید شده، به روی یک استوانه بزرگ پیچیده و بسته‌بندی می‌شود.



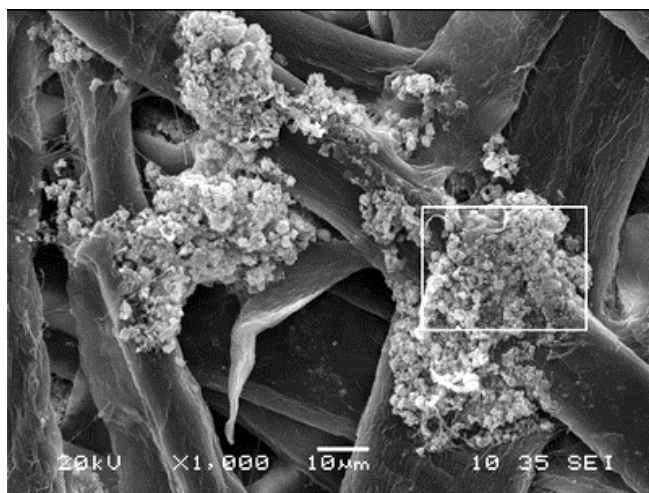
شکل ۲. مراحل مختلف تولید کاغذ در یک دستگاه تولید کاغذ فوردرینر

افزودنی‌های خمیر کاغذ

کاغذسازان به دلایل مختلف، در مرحله مرطوب شکل‌گیری کاغذ، از انواع افزودنی‌های شیمیایی مصنوعی و طبیعی استفاده می‌کنند. این مواد برای بهبود خمیر کاغذ، تنظیم درجه اسیدی بودن آن، و نیز بهبود خواص کاغذ نهایی به کار می‌روند و مقدار آنها در کاغذهای مختلف، متغیر است. برخی از افزودنی‌های خمیر کاغذ در ادامه توضیح داده خواهند شد.

۱. پرکننده‌ها

در تولید کاغذهایی که از آنها برای چاپ یا نوشتن استفاده می‌شود، نوعی ماده پرکننده به کار می‌رود. پرکننده‌ها فضای خالی میان الیاف سلولز را پر می‌کنند که باعث افزایش ماتی، صافی و یکنواختی کاغذ می‌شوند. مواد پرکننده رایج، خاک چینی^۱ و گچ (سولفات کلسیم) هستند. از جهت تاریخی خاک چینی نخستین بار در سال ۱۸۰۷ م.^۲ و سنگ گچ نخستین بار در سال ۱۸۲۳ م.^۳ به عنوان پرکننده استفاده شد. همچنین در سال ۱۹۲۵ م. از کربنات کلسیم به عنوان پرکننده استفاده شد.^۴ این پرکننده‌ها در کاغذهای سنتی استفاده نمی‌شدند. پرکننده‌ها قیمتی کمتر از قیمت الیاف دارند و در کاهش قیمت کاغذ مؤثرند. آمار درباره مقدار مواد پرکننده در کاغذ مختلف است ولی معمولاً ۵ تا ۳۰ درصد وزن کاغذها را پرکننده‌ها تشکیل می‌دهند.^۵



شکل ۳. ذرات پرکننده در میان الیاف کاغذ

۱. خاک کائولن ماده معدنی سفیدرنگی است که مهم‌ترین بخش ترکیب خمیر ساخت چینی‌جات محسوب می‌شود. کائولن از لحاظ شیمیایی اکسید آب‌دار دوگانه سیلیسیم و آلومینیوم به فرمول $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ است.
۲. منظور الاجداد، مفاهیم نظری و کاربردی ساخت کاغذ و فرآیند چاپ، ص ۱۶.
۳. اسکات، مبان و ویژگی‌های کاغذ، ص ۱۷.
۴. منظور الاجداد، مفاهیم نظری و کاربردی ساخت کاغذ و فرآیند چاپ، ص ۱۸.
۵. همان، ص ۶۰؛ پورممتاز و مدرسی تهرانی، کاغذ (از مجموعه کتاب‌های مرجع نشر)، ص ۵۳. همچنین نگاه کنید به: روبرتس، شیمی کاغذ، ص ۱۲۴؛ مدخل کاغذ، دایرة المعارف کتابداری و اطلاع رسانی.

۲. آهار درونی

کاغذی که فقط از الیاف سلولزی ساخته می‌شود، آب را با سهولت بسیار زیاد جذب می‌کند. چنین کاغذهایی برای نوشتن با قلم و یا چاپ جوهر مناسب نیستند. به‌علاوه، در بسیاری از مصارف تجاری لازم است کاغذ در مقابل جذب رطوبت، مقاوم باشد. فرایند مقاوم کردن کاغذ به آب را «آهارزنی» می‌گویند. آهارزنی در تولید صنعتی کاغذ امر رایجی است. در تولید صنعتی کاغذ، آهارزنی با دو شیوه انجام می‌گیرد: آهارزنی درونی یا داخلی، و آهارزنی بیرونی یا سطحی.

در آهارزنی درونی موادی را به خمیر کاغذ (پیش از ریختن خمیر بر روی توری گردان) اضافه می‌کنند تا بر روی الیاف سلولز قرار گرفته و مانع رسیدن آب به آنها شود. ماده متداول، اسیدهای رزینی چوب (روزین) است که از سوزنی‌برگان استخراج می‌شود. این ماده را به خمیر کاغذ اضافه کرده و آن را با سولفات آلومینیوم ($Al_2(SO_4)_3$) - که کاغذسازان آن را زاج سفید (آلوم) می‌نامند- بر روی سطح الیاف سلولز تثبیت می‌کنند.^۱ نخستین بار، آهارزنی داخلی در سال ۱۸۰۷م. انجام شده است.^۲ متأسفانه نتیجه فرایند آهارزنی، به‌علت استفاده از زاج، اسیدی شدن کاغذ است. این حالت اسیدی در کاغذ باقی می‌ماند و باعث افت تدریجی مقاومت می‌شود. همچنین پرکننده‌ای مانند کربنات کلسیم را با این روش آهار درونی نمی‌توان استفاده کرد؛ زیرا با هم واکنش نشان می‌دهند.^۳ در سال‌های اخیر، روش‌های اقتصادی آهارزنی داخلی با مواد خنثی یا قلیایی رواج یافته است که تا حد زیادی می‌تواند از فرسودگی کاغذ جلوگیری کند.

۳. آهار سطحی

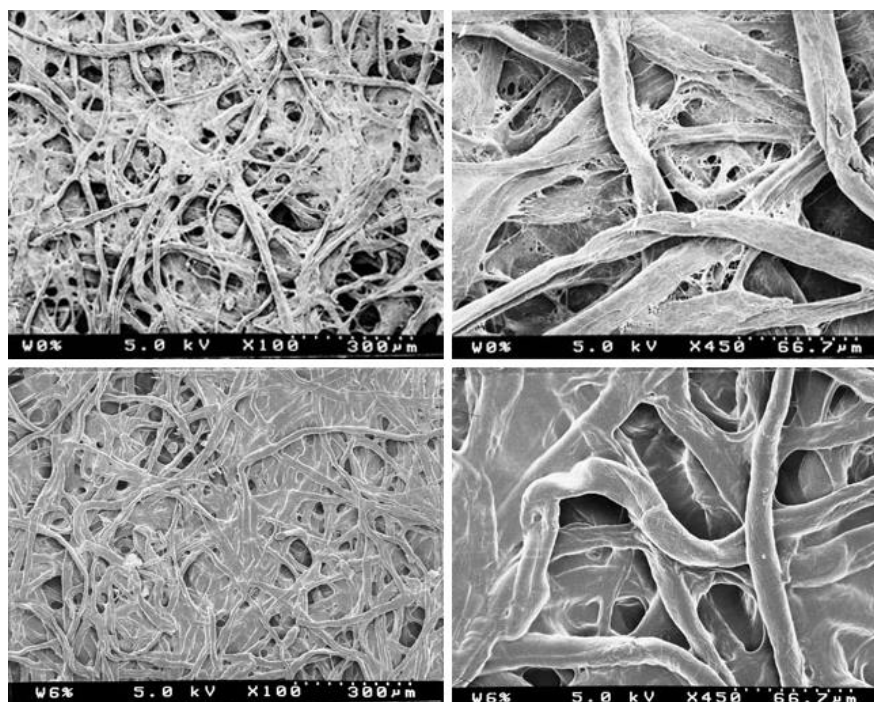
در اوایل دوران کاغذسازی در اروپا، اوراق کاغذ خشک شده را از حمامی از ژلاتین - که از جوشاندن اعضای دور ریختنی حیوانات یا تکه‌های چرم درست می‌شد- عبور می‌دادند.

۱. روبرتس، شیمی کاغذ، صص ۱۲۸ و ۱۲۹.

۲. اسکات، مبانی و ویژگی‌های کاغذ، صص ۱۷.

۳. پورممتاز و مدرسی تهرانی، کاغذ (از مجموعه کتاب‌های مرجع نشر)، صص ۵۲.

ژلاتین بر روی الیاف سلولز قرار می‌گرفت و این الیاف را سفت و سطح کاغذ را براق می‌کرد.^۱ این کار مشابه آهارزنی در تولید سنتی کاغذ در مشرق زمین است. سطح کاغذ، هنگام خروج از ماشین ساخت کاغذ، نسبتاً زیر و ناهمگن است و برای بسیاری از کاربردها -به‌ویژه در چاپ و تحریر که جذب مرکب و کیفیت امری مهم است- لازم است این سطح اصلاح شود. این کار به دو روش انجام می‌شود: آهاردهی سطحی و پوشش‌دهی. در آهاردهی سطحی یک لایه نازک پلیمر محلول در آب (معمولاً نشاسته، پلی وینیل الکل یا یک مشتق انحلال‌پذیر از سلولز) به‌گونه‌ای روی سطح کاغذ می‌نشیند که سطح کاغذ قابل رؤیت باشد. (برخلاف پوشش‌دهی که در قسمت بعد توضیح داده خواهد شد) این لایه، سطح کاغذ را محکم می‌کند؛ به طوری که احتمال آسیب رسیدن به سطح کاغذ و کنده شدن الیاف در جریان عملیات چاپ از راه تماس، کاهش می‌یابد.



شکل ۴. مقایسه الیاف کاغذهای آهار نخورده (ردیف بالا) با کاغذهای آهار خورده با محلول ۶ درصد ژلاتین (ردیف پایین)

۴. پوشش دادن کاغذ

پوشش دهی کاغذ- که عملیاتی جداسازی و پس از خشک شدن کاغذ در بیرون از دستگاه تولید کاغذ انجام می‌شود- به کار بردن یک مخلوط محتوی رنگدانه (معمولاً سفید) بر روی سطح کاغذ است. بر اثر پوشش دهی، الیاف کاغذ، دیگر مرئی نیست و هدف اصلی هم صافی و نرمی سطح نهایی کاغذ است. پوشش‌های سبک و متوسط، تا ۱۵ گرم در هر متر مربع جرم دارند و پوشش‌های سنگین، سنگینی بیشتری ایجاد می‌کنند.^۱ رایج‌ترین رنگدانه، خاک چینی (کائولن) و پس از آن کربنات کلسیم^۲ است. برای چسباندن ذرات رنگدانه به یکدیگر و نیز چسباندن به سطح کاغذ، از چسب استفاده می‌شود. مواد چسباننده بسیار متنوع هستند؛ ولی رایج‌ترین آنها نشاسته^۳، پروتئین سویا و انواع لاتکس همراه با پلیمرهای انحلال‌پذیر در آب (مانند پلی وینیل استات یا همان چسب چوب) است.^۴

۵. سایر مواد

در ساخت کاغذ از خمیر، مهم است که الیافی که به صورت معلق (سوسپانسیون) در آب قرار دارند، بر روی توری، رسوب کرده و آب آنها سریع‌تر خارج شود. مواد کمکی نگهدارنده و آبگیرنده، دسته‌ای از مواد شیمیایی هستند که به دوغاب الیاف و پرکننده اضافه می‌شوند تا به کارایی آبدگیری با حفظ مواد کمک کنند. این کار به افزایش سرعت ماشین ساخت کاغذ کمک خواهد کرد. کمک نگهدارنده‌ها سه دسته هستند: مواد معدنی مانند سولفات آلومینیوم (که پرکننده هم محسوب می‌شود و از این جهت عملکردی دوگانه دارد)، مواد پلیمری طبیعی مانند نشاسته کاتیونی^۵ و مواد پلیمری سنتزی.^۱ در بین این موارد،

مناجیات
پژوهش‌های علمی

سجده بر کاغذ با تا کید، بر موضوع شناسی کاغذهای صنعتی

۱. روبرتس، شیمی کاغذ، ص ۱۵۲. برای مقایسه، توجه کنید که هر متر مربع از کاغذهای تحریر معمول در بازار، ۸۰ گرم وزن دارد.
۲. مهم‌ترین منبع برای کربنات کلسیم (CaCO_3)، سنگ آهک است.
۳. در عمل با توجه به مشکلاتی که غلظت محلول نشاسته ایجاد می‌کند، مولکول نشاسته را کوچکتر می‌کنند تا خواص آن بهبود یابد.
۴. همان، صص ۱۴۵-۱۵۶.
۵. نشاسته یک پلیمر طبیعی است که ساختاری نزدیک به سلولز دارد؛ اما واحدهای سازنده آن با هم متفاوت هستند. نشاسته به طور طبیعی در آب حل نمی‌شود و این مسئله باعث می‌شود که نتوان

نشاسته پرمصرف‌ترین افزودنی کاغذ است. همچنین به کاغذ، مواد دیگری، البته به مقدار بسیار کم، می‌افزایند تا به آن ویژگی خاص بدهند؛ مثلاً آن را در برابر رطوبت مقاوم کند یا بر شفافیت آن بیفزایند و رنگ و سایه آن را تنظیم کنند.^۲ علاوه بر این، به خاطر آسیبی که اسیدی بودن کاغذ در طول زمان ایجاد می‌کند، موادی برای تنظیم PH خمیر کاغذ به آن اضافه می‌کنند که آهک یکی از آنهاست.

حکم سجده بر کاغذهای صنعتی

روشن است که اگر کاغذ را با روش سنتی از چوب تهیه کنیم، سجده بر آن صحیح است (چوب از زمین روئیده است و خوردنی و پوشیدنی نیست)؛ اما در روش صنعتی، ابهاماتی نسبت به جواز سجده بر کاغذ تولید شده از چوب وجود دارد:

۱. روش مکانیکی تولید کاغذ بسیار شبیه روش سنتی است اما در مقیاس بزرگ‌تر. بنابراین اگر کاغذی با روش مکانیکی تولید شود و چیزی به خمیر آن یا روی سطح آن افزوده نشود، سجده بر آن صحیح است. اما در روش شیمیایی (چه فرایند کرافت و چه فرایند سولفیت) لیگنین موجود در چوب از طریق یک عملیات شیمیایی از آن خارج می‌شود. تغییرات مواد اصلی موجود در چوب در دو فرایند سولفیت و کرافت در دو نوع چوب سوزنی برگ و پهن برگ در جدول ۱ آمده است.

به‌راحتی از نشاسته خام برای ارتباط مؤثر با الیاف سلولز استفاده کرد. برای حل این مشکل با استفاده از برخی مواد شیمیایی، نشاسته را به نوعی دارای بار الکتریکی مثبت می‌کنند (کاتیونی می‌کنند) تا به الیاف سلولز که بار الکتریکی منفی دارند (آنیونی هستند)، جذب شده و پوشش مناسبی فراهم نمایند. در واقع نشاسته کاتیونی، نشاسته‌ای است که در طول زنجیرهای پلیمری آن، ترکیبات آمونیوم چهارتایی، جایگزین هیدروکسیل‌ها شده‌اند و روی نیتروژن استخلافی حاوی بار مثبت هستند. این امر باعث می‌شود نشاسته حاصل، قابلیت واکنش با ترکیبات حاوی بار منفی (آنیون‌ها) را پیدا کند، الیاف و بسیاری از ذرات کاغذسازی، زمانی که در آب قرار می‌گیرند، آنیونی می‌شوند: ابراهیمی بریسا، توکلی، «کاربرد نشاسته به عنوان افزودنی مقاومت خشک در کاغذ سازی»، فصلنامه سپارش، سال پنجم، شماره ۳، ص ۹۷.

۱. روبرتس، شیمی کاغذ، ص ۱۱۶.

۲. مدخل کاغذ، دایرة المعارف کتابداری و اطلاع رسانی.

فرایند تولید خمیر	گونه درختی	سلولز		همی سلولزها		لیگنین		مواد عصاره‌ای	
		۰.۱	۰.۳	۰.۱	۰.۳	۰.۱	۰.۳	۰.۱	۰.۳
سولفیت	سرو (سوزنی برگ)	۷۸/۱	۴۱	۱۷/۱	۳۰	۲۷	۳/۸	۲	۱/۰
	توس (پهن برگ)	۸۱/۶	۴۰	۱۲/۲	۳۷	۲۰	۴/۱	۳	۲/۱
کرافت	سرو (سوزنی برگ)	۷۳/۳	۳۹	۱۸/۹	۳۰	۲۷	۶/۳	۴	۱/۱
	توس (پهن برگ)	۶۳/۶	۴۰	۳۱/۸	۳۷	۲۰	۳/۷	۳	۰/۹

جدول ۱. درصد عناصر تشکیل دهنده چوب و تغییر آن بعد از فرایندهای شیمیایی تولید خمیر کاغذ

این تغییرات، مشابهی در روش سنتی تولید کاغذ ندارد. به همین دلیل در اینجا با اطمینان نمی‌توان گفت که خمیر تولید شده، همچنان همان چوب است و استحاله نشده است. ماهیت چوب، وابسته به وجود هر سه ماده سلولز، همی سلولز و لیگنین در آن است و همان‌طور که اشاره شد، استحکام چوب، وابستگی زیادی به لیگنین آن دارد. با خارج شدن لیگنین از خمیر چوب، در حفظ ماهیت چوب، شک ایجاد می‌شود. مؤید استحاله، این است که کاغذسازان به خمیر شیمیایی «خمیر بی‌چوب» می‌گویند. وقتی احراز نشود که مواد اولیه، ماهیت خود را حفظ کرده‌اند، حکم جواز سجده بر کاغذ در روایت هشام بن حکم - که وابسته به حفظ عنوان «چوب» بود - از بین می‌رود. از طرف دیگر - همان‌طور که در مقاله «سجده بر کاغذ با تأکید بر موضوع‌شناسی کاغذهای سنتی» بیان شده است^۱ - چون در روش سنتی تولید کاغذ، استحاله مواد اولیه احراز نشده است، نمی‌توان گفت که

مباحث

سجده بر کاغذ با تأکید بر موضوع‌شناسی کاغذهای صنعتی پژوهش‌های فقهی

۱. مخبریان، «سجده بر کاغذ با تأکید بر موضوع‌شناسی کاغذهای سنتی»، پژوهش‌های فقهی تا اجتهاد، شماره ۱۳، صص ۱۲۲ و ۱۲۳.

عنوان «الکاغذ» در صحیحۀ داود بن ابی‌زید تعمیمی نسبت به قاعدۀ کلی صحیحۀ هشام بن حکم است؛ لذا مواد مورد استفاده - و نه عنوان کاغذ- در جواز سجده اثر تعیین‌کننده دارند. در فرایند شیمیایی -برخلاف روش سنتی- احتمال استحاله وجود دارد؛ لذا بقای عنوان ماده اولیه محرز نیست. به همین دلیل، در اینکه خمیر تولید شده از روش شیمیایی مصداقی از موارد روایت هشام بن حکم باشد، تردید وجود دارد؛ در نتیجه دلیلی برای صحت سجده بر کاغذ تولید شده از روش شیمیایی وجود ندارد.

۲. به طور میانگین در کاغذهای تولیدی به روش صنعتی، حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد پرکننده وجود دارد و این پرکننده‌ها غالباً از مواد معدنی هستند. عموم فقیهان نیز سجده بر مواد معدنی را صحیح نمی‌دانند. البته ممکن است کسی به این اشکال پاسخ دهد که خمیر کاغذ، خمیری همگن است؛ یعنی الیاف سلولز و پرکننده‌ها در آن به طور یکنواخت پخش شده‌اند. وقتی ۲۰ درصد از وزن کاغذ را پرکننده تشکیل می‌دهد، یعنی حدود ۲۰ درصد از سطح آن را پرکننده‌ها تشکیل می‌دهند و برای صحت سجده، ۸۰ درصد باقیمانده کافی است. داوری درباره این مطلب ساده نیست؛ زیرا این احتمال وجود دارد که در فرایند تولید کاغذ، پرکننده در عمق یا سطح کاغذ تمرکز بیشتری پیدا کنند. برای بررسی دقیق‌تر باید تصویری روشن از سطح کاغذ مشتمل بر پرکننده گرفته شود؛ اما در هر حال شبهه یادشده نیز در کاغذهای سنتی وجود ندارد و اینجا می‌تواند مانع جواز سجده شود.

۳. در کاغذهای صنعتی از روش آهار درونی همراه با آهار بیرونی استفاده می‌شود. موادی که برای آهار درونی به خمیر اضافه می‌شوند (روزین)، لایه‌ای صمغ‌مانند بر روی الیاف سلولز می‌کشد تا آب به آنها نفوذ نکند. گفته شده است که این ماده که صمغ گیاهی استخراج شده از نوعی درخت کاج است، کاربرد خوراکی (در نوشیدنی‌های غیر الکلی، داروها و آدامس‌های جویدنی) هم دارد؛ لذا سجده بر آن صحیح نیست.

۴. در روش صنعتی مانند روش سنتی کاغذها آهار داده می‌شوند (آهار سطحی) و ماده متداول در این کار، نشاسته است؛ لذا همان مشکل سجده بر کاغذهای سنتی آهاردار، اینجا هم وجود دارد. بسیاری از کاغذهای موجود، دارای چنین آهاری هستند؛ اما به دلیل

نازکی لایه آهار، معمولاً از آن غفلت می‌شود. آزمایش آشکارسازی نشاسته با ید^۱، به روشنی مقدار قابل توجهی نشاسته را بر روی سطح بسیاری از کاغذها آشکار می‌کند.



شکل ۵. آزمایش آشکارسازی وجود نشاسته قابل توجه در سطح کاغذ تحریر معمولی و فقدان آن در کاغذ روزنامه

۵. مواد افزودنی دیگری نیز به کاغذهای صنعتی افزوده می‌شوند که یا معدنی یا غیر طبیعی (تولید شده در فرایند شیمیایی) و یا خوراکی (مانند نشاسته) هستند. برخی از مواد خوراکی با تغییر شیمیایی به خمیر کاغذ افزوده می‌شود که هرچند ممکن است آنها را از خوراکی بودن خارج نماید، اما این تغییرات، شبهه خروج از حالت طبیعی (حالت طبیعی: رویدنی از زمین) را ایجاد می‌کنند. در هر حال وجود این مواد در کاغذ، شبهه دیگری در جواز سجده بر کاغذ است.

با توجه به این نکات، روشن نیست که کاغذ صنعتی یکی از موادی باشد که در صحیحه هشام بن حکم، جواز سجده بر آن بیان شده است؛ لذا با سجده بر کاغذ صنعتی، صحت سجده احراز نمی‌شود.

کاغذهای خاص

آنچه در بالا گفته شد، با نگاه کلی به کاغذ بود. اما کاغذها بسیار متنوع هستند و برخی از انواع، نکات اختصاصی دارند یا اشکالات فوق در آنها جدی‌تر است. در ادامه انواع مهم‌تر کاغذها معرفی شده و مطالب اختصاصی در جواز سجده بر آنها بیان خواهد شد.

۱. با ریختن محلول ید یا بتادین بر روی ماده‌ای که محتوی نشاسته است، رنگ محلول از قرمز تیره به بنفش بسیار تیره تغییر خواهد کرد.

الف) کاغذ تحریر

در کاغذ تحریر، مهم است که بتوان نوشته را پاک کرد. سهولت پاک کردن با نفوذ جوهر در کاغذ، رابطه عکس دارد؛ لذا با پوشش دادن کاغذ یا آهاردهی بیرونی، مانع از نفوذ جوهر به درون کاغذ شده و کیفیت تحریری کاغذ را افزایش می‌دهند. همچنین کاغذ در هنگام پاک کردن، نباید پاره شود و این مطلوب هم تا حدی با همان آهاردهی بیرونی محقق می‌شود.^۱ علاوه بر این ویژگی‌ها، استحکام و صافی مناسب در کاغذهای مورد استفاده در دستگاه‌های تکثیر هم مورد نیاز است. بخش عمده‌ای از کاغذهای مورد استفاده در کتاب‌ها، کاغذهایی هستند که سطح کاغذ در آنها به خاطر نور زیاد در خط تولید، فشرده‌تر شده، در نتیجه کاغذ براق‌تر به نظر می‌رسد. همچنین با توجه به اینکه معمولاً هر دو روی کاغذ برای نوشتن استفاده می‌شود، ماتی کاغذ هم مهم است که این امر هم با استفاده پرکننده‌ها بهبود می‌یابد.^۲ بخش عمده خمیر این کاغذها، خمیر شیمیایی است و معمولاً پوشش نشده‌اند.^۳ با توجه به این نکات، مشکل عمده در سجده بر کاغذهای تحریر، شبیه‌استحاله در خمیر شیمیایی، پرکننده‌های معدنی و آهار بیرونی است.

ب) کاغذ روزنامه و کاغذ کاهی

همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد، کیفیت پایین کاغذ تولیدی به روش مکانیکی، آن را برای کاربردهای ارزان مناسب می‌کند که یکی از آنها استفاده در روزنامه‌هاست. البته این بدان معنا نیست که کاغذ روزنامه صرفاً از خمیر مکانیکی تولید می‌شود؛ بلکه معمولاً از سه چهارم خمیر مکانیکی و یک چهارم خمیر شیمیایی تولید می‌شود.^۴ با این نسبت، به نظر می‌رسد که در نظر عرف، هنگام سجده، مقدار لازم از پیشانی بر روی چیزی که عملاً همان چوب است، قرار می‌گیرد. همچنین با توجه به اینکه کاغذهای روزنامه در گذشته معمولاً

۱. اسکات، مبانی و ویژگی‌های کاغذ، صص ۳۰۶ و ۳۰۷.

۲. پورممتاز و مدرس تهران، کاغذ (از مجموعه کتاب‌های مرجع نشر)، صص ۱۹۱ و ۱۹۲.

۳. همان، صص ۱۹۰ و نیز سایت «ویکی‌پدیا»، «Woodfree uncoated paper»، ۲۸ تیر ۱۴۰۰، en.wikipedia.org/wiki/Woodfree_uncoated_paper

۴. همان، صص ۲۰.

آهار سطحی نداشتند (شکل ۵) و آب را نیز به خوبی جذب می‌کردند^۱ (که نشان می‌دهد آهار داخلی هم ندارند)، سجده بر آنها اشکالی نداشت؛ البته کاغذ روزنامه‌های امروزی، کیفیتی متفاوت از کاغذ روزنامه‌های سابق دارند؛ لذا نمی‌توان حکمی کلی برای عنوان «کاغذ روزنامه» بیان کرد و نیاز است در هر مورد، با توجه به فرایند ساخت یا خصوصیات کاغذ، شبهات مطرح را بررسی کرد.

گاهی به کاغذ بی‌کیفیتی که ته‌رنگی از خاکستری هم دارد، کاغذ کاهی گفته می‌شود. بر اساس تحقیقات انجام شده، کاغذ کاهی عنوانی برای «کاغذ بی‌کیفیت» است و لزوماً آنچه به اسم کاغذ کاهی شناخته می‌شود، از کاه تولید نمی‌شود. کاغذ کاهی ارزان‌ترین کاغذ موجود می‌باشد و به همین دلیل کاربرد بسیار زیادی پیدا کرده است. حکم این کاغذها شبیه کاغذ روزنامه است.

ج) کاغذهای پوشش‌دار^۲

یکی از فرایندهای تکمیلی، پوشش‌دار کردن کاغذ است که با آن انواع مختلفی از کاغذ تولید می‌شود:

کاغذهای گلاسه: برای چاپ‌های رنگی به کاغذی نیاز است که رنگ‌های چهارگانه را به خوبی بر روی خود بپذیرد و نگه‌دارد. از این رو لازم است که کاغذ پوشش‌دار باشد.^۳ پوشش‌های سفید کاغذها معمولاً پایه رنگ‌دانه‌های معدنی پودری از نوع رس چینی و کربنات کلسیم دارند و نباید با پرکننده‌ها اشتباه شوند.^۴ با توجه به ضخامت پوشش‌ها (شکل ۶) سجده بر روی این کاغذها، سجده بر روی کاغذ نیست؛ بلکه سجده بر روی پوشش آنهاست که ترکیبی از یک چسب طبیعی (مانند نشاسته که خوراکی است) یا مصنوعی، و

مناجیات
پژوهش‌های علمی

سجده بر کاغذ با تأکید بر موضوع شناسی کاغذهای صنعتی

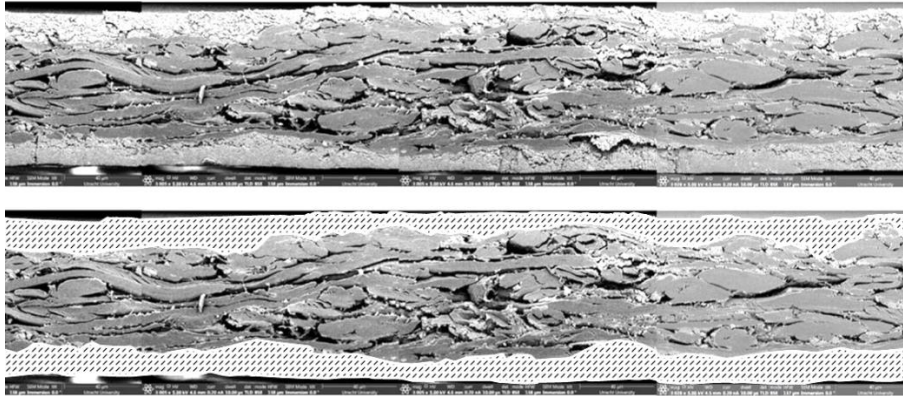
۱. از این خاصیت کاغذهای روزنامه برای تمیز کردن شیشه‌ها استفاده می‌شود.

۲. Coated papers. در اصطلاح کاغذی را «پوشش‌دار» گویند که حداقل ۳/۷ گرم بر متر مربع از ماده پوشاننده روی هر طرف آن باشد: پورممتاز و مدرسی، کاغذ (از مجموعه کتاب‌های مرجع نشر)، ص ۱۹۴.

۳. البته چاپ رنگی روی کاغذی که نورد کاملی روی آن انجام شده باشد هم کیفیت خوبی خواهد داشت: همان، ص ۱۸۳.

۴. مدخل کاغذ، دایرة المعارف کتابداری و اطلاع‌رسانی.

یک ماده معدنی مانند کائولن است.



شکل ۶. برش عرضی کاغذی که رو و پشت آن پوشش داده شده است (مواد پوشش در دو طرف الیاف اصلی، در شکل پایین با هاشور مشخص شده‌اند).

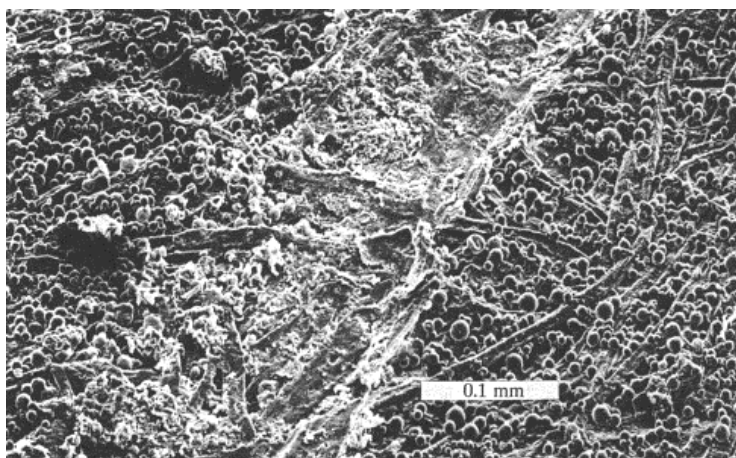
کاغذهای ضد آب: این کاغذها در صنایع غذایی، قوطی‌های آبمیوه یا لیوان‌های کاغذی استفاده می‌شوند. به دو طریق می‌توان کاغذهایی درست کرد که جذب آب آنها اندک باشد: استفاده از آهار درونی و یا استفاده از آهار بیرونی (پوششی). اما اگر لازم باشد که کاغذی مدت طولانی با آب در تماس باشد، این مقدار کفایت نمی‌کند و از یک پلیمر مصنوعی مانند پلی اتیلن برای ضد آب کردن کاغذ استفاده می‌شود؛ یعنی یک لایه از پلاستیک روی کاغذ قرار داده می‌شود. امروزه در فرمول ساخت پوشش، گرایش از پلیمرهای طبیعی به پلیمرهای سنتزی است.^۱ سجده بر روی آن طرف از این کاغذها که با پلی اتیلن پوشانده شده است، قطعاً صحیح نیست.

کاغذ حرارتی: امروزه در دستگاه‌های مختلف مانند خودپرداز بانک‌ها یا دستگاه‌های POS به مشتری رسید داده می‌شود. کاغذ این رسیده‌ها از ماده‌ای مانند «بیسفنول ای (Bisphenol A)» پوشانده شده است که در برابر حرارت تغییر رنگ می‌دهد. چاپگر موجود در این دستگاه‌ها گرما را به این لایه حرارتی وارد کرده و با ایجاد واکنش‌های شیمیایی، باعث می‌شود تصاویر و متن‌ها بر روی کاغذ ظاهر شوند. با این حال گفته شده است که این

۱. روبرتس، شیمی کاغذ، ص ۱۱۵.

تنها لایه روی کاغذهای حرارتی نیست و در طرف چاپ شونده کاغذ سه لایه (زیرلایه^۱، لایه حرارتی و لایه پوشش بالایی^۲) روی کاغذ وجود دارد. هر یک از این سه لایه به تنهایی برای عدم جواز سجده کفایت می‌کند.

کاغذ خودکپی (Carbonless copy paper): نوع دیگری از کاغذهای روکش دار، کاغذهایی هستند که یک طرف آنها کارِ کاربن را انجام می‌دهد. پشت آنها با کپسول‌های میکروسکوپی پوشیده شده‌اند که در اثر فشار ناشی از نوشتن، این کپسول‌های کوچک شکسته می‌شوند و محلول رنگ‌زا جاری شده و پوشش رویه بالایی ورقه زیرین را مرطوب می‌کند. پوشش رویه بالایی ورقه زیرین با ماده رنگ‌زا واکنش داده و نقش را به وجود می‌آورد. از این توضیح روشن می‌شود که در کاغذهای خودکپی کاغذ با مواد خاصی پوشانده شده‌اند و با توجه به تراکم نشان داده شده در شکل میکروسکوپی این لایه، وجودشان مانعی برای سجده محسوب می‌شود.



شکل ۷. پوشش سطح کاغذ خودکپی با کپسول‌های رنگی

(به مسیر خودکار که در طول آن کپسول‌های محتوی رنگدانه شکسته شده‌اند، توجه شود.)

۱. وجود این لایه بر روی کاغذ پایه الزامی است. این لایه باعث افزایش رزولوشن و کیفیت تصاویر چاپی می‌شود. همچنین مانع از انتقال حرارت به کاغذ شده و از این رو میزان حساسیت لایه حرارتی را تضمین می‌کند.
۲. هدف از استفاده از این لایه، محافظت از تصویر حرارتی در مقابل هرگونه آسیب ناشی از سایش، آسیب‌های شیمیایی و تأثیرات محیطی مثلاً آب یا رطوبت بالا است. (به نقل از سایت «وندا»، مقاله «رول حرارتی»، ۲۸ تیر ۱۴۰۰، vandapaper.ir).

د) کاغذ اسکناس (پولبرگ)^۱

در برخی از کاربردها (مانند کاغذ اوراق بهادار، اسناد حقوقی، اسکناس‌ها، گواهی‌ها) نیاز به کاغذهایی است که به طور قابل توجهی قوی و بادوام باشند؛ مخصوصاً از نظر مقاومت در برابر تاخوردگی، پارگی و تخریب حرارتی. به همین خاطر این نوع از کاغذ به طور کامل از الیاف پنبه و الیاف کتان (معمولاً از پارچه‌های قدیمی و مندرس) ساخته می‌شود؛ هرچند برخی خمیر چوبی را که با فرایند شیمیایی تهیه شده باشد را هم به عنوان یکی از منابع تولید این کاغذ شمرده‌اند. این کاغذها آهار سطحی داده می‌شوند و مواد مقاوم به رطوبت در خمیر آن به کار می‌رود. علاوه بر این موارد، ویژگی‌های امنیتی با افزودن آب‌نقش (Watermark)، نوار فلزی، الیاف خاص حساس به نور ماورای بنفش و... در آنها به کار می‌رود.^۲

از جهت تاریخی پول کاغذی در زمان اهل بیت وجود نداشت و نخستین بار چینی‌ها به دلیل کمبود طلا و فلزات در اواسط قرن دهم میلادی (نیمه قرن چهارم هجری) اسکناس را استفاده کردند که تا چند قرن رواج داشت. ایلخانیان در اواخر قرن هفتم هجری تلاش کردند که استفاده از پول کاغذی با عنوان «چاو» را در ایران هم رواج دهند که موفقیتی حاصل نکردند.^۳

در مورد کاغذ اسکناس -علاوه بر مشکل آهار و مواد افزودنی- سه مانع خاص برای سجده وجود دارد:

نخست؛ وجود الیاف پنبه یا کتان در خمیر آنها. (تنها بر کاغذهایی می‌توان سجده کرد که از الیاف قابل سجده تهیه شده باشند.)

دوم؛ چاپ روی آنها که معمولاً همه یا اکثر سطح آن را فرا می‌گیرد و با توجه به اینکه جوهرهای مورد استفاده، از مواد شیمیایی یا از مواد معدنی تولید می‌شوند، قابل سجده نیستند. این مشکل علاوه بر مشکل آهار درونی و سطحی و مواد اضافه شده به خمیر آن است.

سوم؛ در مورد سجده بر پول و اوراق بهادار، حکمتی است که ذیل روایت هشام بن

۱. Banknote paper.

۲. منظور الاجداد، مفاهیم نظری و کاربردی ساخت کاغذ و فرآیند چاپ، صص ۱۸۸ و ۱۸۹.

۳. مراجعه شود به مقاله «چاو»، دانشنامه جهان اسلام.

حکم آمده است. امام صادق علیه السلام فرمودند: «سجده خضوع برای خداوند است، شایسته نیست که بر چیزهای خوردنی یا پوشیدنی باشد؛ زیرا فرزندان دنیا، بندگان چیزهایی هستند که می‌خورند و می‌پوشند و ساجد در سجود خود در عبادت خداوند است؛ پس شایسته نیست در زمان سجده، پیشانی خود را بر معبود فرزندان دنیا - که دنیا آنها را فریب داده - بنهند.» بنابراین اگر سجده بر خوردنی‌ها و پوشیدنی‌ها صحیح نیست، سجده بر پول به طریق اولی درست نیست؛ زیرا پول بیش از خوردنی و پوشیدنی، معبود فرزندان دنیاست.

حکم سجده بر چک یا اوراق بهادار دیگر هم مانند سجده بر اسکناس است؛ هرچند برخی از آنها مانند سفته یا چک، قسمت‌های چاپ نشده دارند و به همین دلیل فاقد مانع دوم هستند. همچنین در اسناد حقوقی‌ای که از این جنس کاغذ استفاده شده باشد، وجود مانع سوم محرز نیست.

در هر حال موانع یاد شده، سجده بر همه انواع کاغذهای اسکناس را با مشکل جدی روبه‌رو می‌کند.

هـ) دستمال کاغذی

دستمال کاغذی (Tissue paper) یکی از افراد خانواده کاغذهای بهداشتی (Sanitary papers) است. از کاغذهای بهداشتی در مصارفی مانند کاغذ توالت، دستمال کاغذی، دستمال سفره، حوله‌های کاغذی، پاک‌کن‌های صنعتی و... استفاده می‌شود.

در مورد سجده بر دستمال کاغذی در سال‌های اخیر پرسش‌های فراوانی از فقیهان پرسیده شده است و برخی مانند آقای تبریزی - که سجده بر کاغذ را مطلقاً صحیح می‌دانست - در سجده بر دستمال کاغذی احتیاط کرده و می‌گویند معلوم نیست که دستمال کاغذی مصداق کاغذ باشد.^۱ در مقابل برخی مانند آقای سیستانی، حکم دستمال کاغذی را مانند کاغذ دانسته و بر این باور است که در صورتی می‌توان بر آن سجده کرد که بدانیم از مواد قابل سجده تولید شده‌اند؛^۲ و یا آقای خویی سجده بر آن را مطلقاً صحیح دانسته است.^۱ ظاهراً منشأ تردید

۱. تبریزی، صراط النجاة، ج ۶، ص ۵۸، سؤال ۲۰۸؛ همچنین مراجعه شود به همان، ج ۷، ص ۱۶۷، سؤال ۵۹۷؛ و نیز ج ۱۰، ص ۷۴، سؤال ۲۳۰.

۲. سایت «رسمی دفتر مرجع عالیقدر آقای سید علی حسینی سیستانی»، «پرسش و پاسخ <سجود>»، ۲۸ تیر

فقیهان این است که آیا دستمال کاغذی از مصادیق کاغذ هست یا نیست؟

توجه به تاریخچه این ماده و نیز فرایند ساخت آن به روشنی نشان می‌دهد که دستمال کاغذی گونه خاصی از کاغذ است و ابتدا به عنوان کاغذ توالت تولید شده است. چینیان در سال ۸۹۰ میلادی (تقریباً نیمه دوم قرن سوم هجری) از کاغذ توالت استفاده می‌کردند.^۲ و «سلیمان سیرافی تاجر درباره چینیان نوشته است که آنان پاکیزه نیستند، چون خود را با کاغذ پاک می‌کنند.»^۳

کاغذ بهداشتی از خمیر کاغذ تولید می‌شود. برای ساخت دستمال کاغذی بیشتر از خمیر کرافت استفاده می‌شود؛ زیرا در فرایند ساخت خمیر کاغذ به روش کرافت بسیاری از موادی که دافع آب هستند، از خمیر چوب حذف می‌شوند؛ لذا خمیر کرافت آب بیشتری نسبت به خمیر سولفیت جذب می‌کند.^۴ البته از خمیر بازیافتی هم در تولید دستمال استفاده می‌شود.

شرط لازم برای همه انواع کاغذهای بهداشتی، قابلیت جذب مایعات و نگهداری آنهاست. در یک ورق متراکم، حجم تهی میان الیاف کم است، در نتیجه فضا برای نگه داشتن آب اندک است. به همین دلیل در تولید کاغذهای بهداشتی آنها را به گونه‌ای تولید می‌کنند که چگالی کمتری داشته باشند تا فضای تهی میان الیاف افزایش یابد.^۵ برای این کار، خمیر کاغذ از میان نوردهای کمتری عبور داده شده و در عوض سعی می‌شود که با حرارت، آب آن خارج شود. همچنین از هیچ آهاری استفاده نمی‌شود تا کاغذ بهداشتی به راحتی آب را به درون خود بکشد.^۶

با این توضیحات روشن می‌شود که دستمال کاغذی، چیزی جز یک کاغذ سبک با الیاف

sistani.org/persian/qa/۰۹۳۷، ۱۴۰۰

۱. خوبی، صراط النجاة، ج ۱، صص ۸۳ و ۸۴، سؤال ۱۹۹.
۲. منظور الاجداد، مفاهیم نظری و کاربردی ساخت کاغذ و فرآیند چاپ، ص ۲۶.
۳. افشار، کاغذ در زندگی و فرهنگ ایرانی، ص ۸۴.
۴. اسکات، مبانی و ویژگی‌های کاغذ، ص ۳۸۵.
۵. همان، ص ۳۸۶. کاغذهای بهداشتی یا تیشو بین ۱۰ تا ۴۰ گرم بر متر مربع وزن داشته و سبک‌ترین دسته کاغذها محسوب می‌شوند: روبرتس، شیمی کاغذ، ص ۸.
۶. اسکات، مبانی و ویژگی‌های کاغذ، ص ۴۷.

بازتر و فاقد آهار بیرونی نیست و اتفاقاً اگر تولید آن از خمیرهای شیمیایی و افزودنی‌هایی نبود که برای جذب بیشتر آب اضافه می‌شوند، سجده بر آن، اشکال دیگری نمی‌داشت.

(و) مقوا^۱

به طور معمول، تمام ورقه‌هایی که ضخامت آنها بیش از $\frac{1}{3}$ میلی‌متر است، به عنوان مقوا طبقه‌بندی می‌شوند.^۲ سجده بر مقوا در کلمات فقیهان مطرح نشده است؛ هرچند به نظر می‌رسد مانند سجده بر دستمال کاغذی نظرات درباره آن متفاوت باشد. استفاده از مقوا از دیرباز برای جلدسازی کتاب‌ها - در کنار استفاده از چرم - کاربرد داشته است. با این حال نمی‌توان گفت که در زمان صدور روایات، چیزی مانند مقوا وجود داشته است. با این حال توجه به نام‌گذاری آن این گمان را تقویت می‌کند که در نخستین کاربردها آن را نوع خاصی از کاغذ به شمار می‌آورده‌اند.^۳

مقوا - چه به صورت مقوای توپر^۴ باشد و چه به صورت کارتن^۵ - از اتصال چند لایه کاغذ تولید می‌شود. در مقوای توپر، لایه‌های کاغذ با پیوندهای ایجاد شده بین دو لایه مرطوب کاغذ در حین رد شدن از غلتک‌ها و بدون استفاده از هیچ چسبی به هم متصل می‌شوند؛ اما لایه‌های صاف و موج‌دار کارتن‌ها را معمولاً با استفاده از چسب‌هایی مانند نشاسته به هم متصل می‌کنند. در هر دو نوع، ممکن است لایه‌های کاغذ یکسان یا متنوع باشند.

در هر حال سجده بر مقوا، حکم ویژه‌ای ندارد و تابع لایه آخری است که سجده بر آن واقع می‌شود. مشکل عمده در سجده بر بسیاری از مقواها، استفاده از ترکیبی از خمیر کرافت (برای استحکام) و خمیر کاغذ بازیافتی (برای ارزان‌ی) است.

۱. Paper board, Cardboard.

۲. منظور الاجداد، مفاهیم نظری و کاربردی ساخت کاغذ و فرآیند چاپ، ص ۱۳.

۳. مقوا اسم مفعول و وصفی است که جانشین ترکیب وصفی خود با موصوفش شده است. به احتمال بسیار زیاد آن موصوف، کاغذ بوده است و مقوا در ابتدای به صورت «کاغذ تقویت شده» مورد استفاده قرار می‌گرفته که به تدریج موصوفش حذف شده است.

۴. Solid cardboard.

۵. Corrugated cardboard, Flute cardboard.

ز) کاغذ بازیافتی

با کاهش منابع جنگلی و افزایش مشکلات محیط زیستی، تمایل به بازیافت کاغذ باطله، فزونی یافته است.^۱ کاغذ باطله به عنوان ماده اولیه کاغذسازی، یک منبع مهم تجدیدپذیر است که هم کمبود مواد اولیه کاغذسازی و هم مشکلات زیست محیطی را کاهش می‌دهد. گفته شده است که کاغذ تولید شده از الیاف شاهدانه را تا ۸ بار و کاغذهای تولیدی از چوب را تا ۳ بار می‌توان بازیافت کرد.^۲ در برخی از کشورها بیش از ۷۰ درصد از کاغذهای مصرف شده را دوباره بازیافت می‌کنند.^۳

بازیافت کاغذ از دیرباز مرسوم بوده است. ابن حاج فاسی (م ۷۳۷ق.) که در مصر ساکن بوده است، در کتاب «المدخل» نوشته است: کاغذسازان از ورق مکتوب نباید چیزی درست کنند مگر بعد از اینکه مطمئن شوند در آن آیه‌ای از قرآن یا حدیثی از پیامبر و... نباشد؛ زیرا کاغذسازان این مکتوبات را زیر پاهایشان لگدمال می‌کنند [تا خمیر جدیدی به دست آورند].^۴ طبق این گزارش در قرن هشتم هجری در مصر کاغذ بازیافت می‌شده است. با این حال نمی‌توان گفت که در زمان صدور روایات، کاغذ بازیافتی وجود داشته است.

در دوره معاصر کاغذ بازیافتی معمولاً از ضایعات بسته‌بندی (مقواها و کارتن‌های برش خورده در کارگاه‌های تولید کارتن و چاپ و بسته‌بندی)، بریده‌های سفید و چاپ نخورده (کاغذهای برش خورده در چاپخانه‌ها از کنار کتاب‌ها، روزنامه‌ها و مجلات که معمولاً چاپ نشده و تمیز هستند)، و کاغذها و مقواهای استفاده شده (روزنامه، کتاب، مقواها و کارتن‌های مصرف شده، روزنامه‌ها و مجلات فروش نرفته، ضایعات

۱. البته با توجه به اینکه ۸۰ درصد از چوب‌های به دست آمده از جنگل‌ها صرف تولید الوار چوب، روکش و محصولات دیگر می‌شوند و عملاً ضایعات چوب‌ها برای ساخت کاغذ مورد استفاده قرار می‌گیرد، نمی‌توان گفت که بازیافت کاغذ، تأثیر جدی در از بین رفتن جنگل‌ها خواهد داشت. مراجعه شود به: روبرتس، شیمی کاغذ، صص ۱۶۷ تا ۱۶۹.

۲. سایت «ویکی‌پدیا»، «Hemp paper»، ۲۸ تیر ۱۴۰۰، en.wikipedia.org/wiki/Hemp_paper.
۳. توکلی و دیگران، «بازیافت کاغذ و مقوای کنگره‌ای، روشی مناسب برای توسعه پایدار استفاده از منابع لیگنوسلولزی»، مجموعه مقالات اولین همایش ملی مدیریت منابع طبیعی، جدول ۱.
۴. ابن حاج فاسی، المدخل، ج ۴، ص ۸۲.

کاغذی ادارات و...) تولید می‌شود.^۱

برای بازیافت کاغذها و مقواهای استفاده شده، ابتدا باید ضایعات مانند منگنه، چسب، پلاستیک و... را از الیاف کاغذ جدا کرد. این کار با خیساندن الیاف کاغذی و استفاده از غربال‌های مکانیکی مرکزگریز انجام می‌شود. برای جداسازی چسب‌هایی که ماهیت پلیمری دارند، معمولاً مواد شیمیایی مانند هیدروکسید سدیم به خمیر اضافه می‌شود. جوهرزدایی از سطح الیاف، عمدتاً با مواد شیمیایی (معمولاً با خاصیت قلیایی) و در چند مرحله انجام می‌شود. در گام بعدی با همزدن با سرعت زیاد و ایجاد حباب‌های ریز هوا، جوهرهای باقی‌مانده به صورت کف به روی خمیر آورده و جمع‌آوری می‌شوند. در مرحله آخر با استفاده از مواد شیمیایی رنگبر مانند آب اکسیژنه، آب ژاول یا کلر، رنگ خمیر را سفیدتر می‌کنند.^۲

مشکلی که کاغذهای بازیافتی در مسأله سجده دارند، این است که انواع مختلف کاغذها با هم برای بازیافت می‌روند و خمیر آنها به همراه افزودنی‌ها و آهارهای سطحی و درونی و پرکننده‌ها و... با هم مخلوط شده، خمیر کاغذ جدید را درست می‌کنند. در نتیجه اگرچه ممکن است خمیر بکری را بتوان پیدا کرد که سجده بر کاغذش درست باشد، ولی سجده بر کاغذهای بازیافتی قطعاً یکی از مشکلات یاد شده در قسمت‌های پیشین را دارد و چون مکلف نمی‌داند که چه ترکیبی از خمیر کاغذ در خروجی بازیافت حاصل می‌شود، نمی‌تواند احراز نماید که سجده درست را انجام داده است.

مخلوط شدن کاغذهای مختلف در بازیافت، مشکل جدیدی در سجده بر کاغذهای دیگر هم درست می‌کند؛ زیرا برای تولید کاغذهای معمولی، مقواها، کاغذهای روزنامه، دستمال کاغذی‌ها و... معمولاً مقداری خمیر بازیافت شده به خمیر بکر اضافه می‌کنند.

ح) کاغذ سنگی

با افزایش نگرانی از کاهش منابع جنگلی - که مهم‌ترین منبع برای تهیه کاغذ به شمار

۱. روبرتس، شیمی کاغذ، صص ۱۵۸ و ۱۵۹.

۲. همان، صص ۱۶۳ تا ۱۶۵.

می‌رود- تهیه کاغذ از منابع دیگر مورد توجه قرار گرفته است. یکی از آنها، تهیه کاغذ از کربنات کلسیم است. کربنات کلسیم - که بیش از ۴ درصد پوسته زمین را تشکیل می‌دهد و در سراسر دنیا پیدا می‌شود- همان ماده‌ای است که از حرارت دادنش آهک تولید می‌شود. در این روش، ذرات پودر شده کربنات کلسیم به وسیله پلیمری مانند پلی اتیلن چگال (HDPE) به هم می‌چسبند و ماده حاصل به شکل صفحاتی نازک درآمده و برش می‌خورد. به این ترتیب ورقه‌هایی مانند کاغذ تولید می‌شوند. ساخت کاغذ سنگی از دهه ۱۹۹۰ میلادی شروع شده است.

در این روش از چوب، آب، اسید یا باز و نیز صرف انرژی زیاد و نیز مواد شیمیایی برای سفید کردن خبری نیست. کاغذهای سنگی ضد آب و ضد روغن هستند (این دو ماده هیچ اثری بر روی آنها ندارند). همچنین به خاطر عاری بودن از مواد سلولزی، مورد حمله حشرات یا جونندگان قرار نمی‌گیرد. مجموع این عوامل باعث شده تا ادعا شود که این کاغذها عمری بسیار طولانی‌تر از کاغذهای سلولزی دارند. از جهت ظاهری و کیفیت چاپ هم کاغذهای سنگی مانند کاغذهای گلاسه هستند.

کاغذ سنگی سه تفاوت آشکار با کاغذ سلولزی دارد: ضد آب است، پاره نمی‌شود (بلکه



شکل ۸. مقاومت کاغذ سنگی در مقابل پاره شدن

در مقابل کشیده شدن مانند ورق پلاستیکی رفتار می‌کند) و سوختن آن هم بیش از آن که شبیه سوختن کاغذ باشد، شبیه سوختن پلاستیک‌هاست.^۱

سجده بر کاغذ سنگی از جهات متعددی با اشکال روبه‌روست:

۱. اگر کاغذ سنگی را آتش بزنیم، چیزی که مشاهده خواهیم کرد کاملاً بر خلاف تصور ماست: شعله کوچک و کوچکتر شده تا در نهایت در نقطه‌ای خاموش شده و قسمتی از کاغذ که سوخته است، از کاغذ اصلی جدا شده و می‌ریزد. بنابراین، برای سوزاندن یک ورق کاغذ سنگی بایستی چندین بار آن را آتش بزنیم و با اینکه، آن را در شعله آتش بیندازیم.

۱. عمده‌ترین ماده بکار رفته در بافت کاغذ سنگی، کربنات کلسیم است (۸۰ درصد) که ماده‌ای معدنی محسوب می‌شود و بیشتر فقیهان سجده بر مواد معدنی را از آن جهت که از عنوان «زمین» استحاله شده‌اند، جایز نمی‌دانند.

۲. در کاغذ سنگی ۱۵ درصد پلی‌اتیلن پرچگال و ۵ درصد مواد افزودنی دیگر وجود دارد. ترکیب این مواد با کربنات کلسیم، خمیری ایجاد می‌کند که بعدها تبدیل به کاغذ سنگی می‌شود. این مواد قطعاً قابل سجده نیستند؛ زیرا هیچ‌یک از ضوابط مطرح در صحیحۀ هشام بر آنها صدق نمی‌کند.

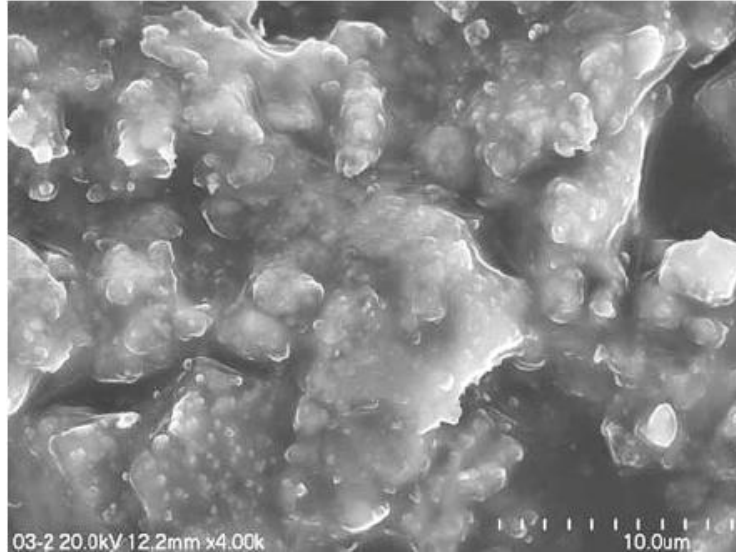
۳. ممکن است کسی بخواهد با فرض جواز سجده بر مواد معدنی، این اشکال را برطرف نماید: اینکه ۲۰ درصد از ماده ساخت کاغذ قابل سجده نیست، اشکالی ندارد؛ زیرا ۸۰ درصد این کاغذ قابل سجده است؛ در نتیجه اگر پیشانی بر روی کاغذ سنگی قرار گیرد، ۸۰ درصد آن روی کربنات کلسیم است که بنا بر فرض، سجده بر آن صحیح است. چنان که از سخن شهید اول در ذکری، سخنی مشابه برای جواز سجده بر کاغذی که مشتمل بر آهک است، استفاده شده است.^۱ اما این مطلب به روشنی باطل است؛ زیرا ترکیب کربنات کلسیم با پلی‌اتیلن مانند کنار هم قرار گرفتن دو ماده جامد و مجزا از هم نیست که پیشانی روی هر دو قرار بگیرد؛ بلکه نقش پلی‌اتیلن، چسباندن ذرات جدا از هم کربنات کلسیم است (پلی‌اتیلن مانند شربت مربا - که تمام سطح تکه‌های میوه در مربا را در برمی‌گیرد - سطح ذرات کربنات کلسیم را می‌پوشاند (شکل ۹)) و روشن است که وقتی می‌تواند ذرات جدا از هم را به هم بچسباند که آن ذرات یا عمده حجم آن را دربرگیرد. در این صورت با اینکه چسب، کمتر از یک پنجم مجموع است، اما ذرات قابل سجده در تماس با پیشانی قرار نمی‌گیرند. همچنین در مقابل نظر نقل شده از شهید اول، شهید ثانی در روض الجنان گفته است که اغلب بودن چیزی که سجده بر آن صحیح است، در جایی که این ماده غالب با ماده دیگر ممزوج شده و به گونه‌ای در میان اجزای آن قرار گرفته است که قابل تمییز دادن نیست، برای جواز سجده کفایت نمی‌کند.^۲

مباحثات
پرونده‌های قضایی

سجده بر کاغذ با تا کید بر موضوع شناسی کاغذهای صنعتی

۱. عاملی، مفتاح الکرامه، ج ۶، صص ۳۵۵ و ۳۵۶.

۲. شهید ثانی، روض الجنان، ج ۲، ص ۵۹۷. همین مطلب در ریاض هم ذکر شده است: طباطبایی، ریاض



شکل ۹. تصویری از کاغذ سنگی زیر میکروسکوپ الکترونی (به فراگیری پلی اتیلن نسبت به ذرات کربنات کلسیم توجه شود).

۴. اگر کسی با توجه به روایات سجده بر کاغذ، عنوان «کاغذ» را عنوانی مجزا برای جواز سجده بداند، باز نمی‌تواند به استناد به آن روایات، بر کاغذ سنگی سجده نماید. تمسک به آن روایات برای سجده بر کاغذ سنگی، وابسته به این است که بر کاغذ سنگی، عنوان کاغذ صدق نماید. این مسئله یکی از تطبیقات تمسک به عمومات و اطلاقات در موضوعات مستحدثه است؛ مسئله‌ای که در میان فقیهان در مورد حدود آن بحث است و هنوز معیار مورد توافقی برای آن ارائه نشده است. به نظر می‌رسد که معیاری که فی الجمله قابل قبول است، این است که اگر موضوع مستحدث را بر عرف زمان صدور دلیل عرضه نماییم و آن عرف، موضوع جدید را -پس از تأمل و بررسی‌های ابتدایی و معمول- مصداق موضوع دلیل تشخیص داد، حکم بر آن صادق است؛ وگرنه نمی‌توان به آن دلیل برای اثبات حکمش بر موضوع مستحدث تمسک کرد. مثلاً اگر چراغ نورانی الکتریکی را در اختیار عرف سابق قرار دهیم و آن را واریسی نمایند، خواهند گفت «عجب چراغی است!» و «چه نوری دارد!» این رفتار نشان می‌دهد که عرف آن زمان، هم این وسیله را مصداق چراغ و هم

خروجی آن را مصداق نور دانسته‌اند. اما اگر در مورد دینار کاغذی چنین کنیم، به صراحت خواهند گفت «این دینار نیست!»

۵. در مورد کاغذ سنگی، با توجه به خصوصیات ظاهری (شبهت به کاغذ گلاسه)، ضد آب بودن، مقاومت در مقابل آتش و نیز مقاومت در مقابل پاره شدن، عرف زمان صدور روایات سجده بر کاغذ، یا این ماده را صراحتاً مصداق کاغذ نخواهد دانست یا در صدق عنوان کاغذ بر آن شک خواهد کرد. هرکدام که باشد، نمی‌توان به عمومات سجده بر کاغذ - بنا بر اینکه کاغذ خود، عنوانی مستقل محسوب شود- برای تصحیح سجده بر کاغذ سنگی تمسک کرد؛ زیرا حداقل تمسک به عام در شبههٔ مصداقیهٔ دلیل خواهد بود.

شک در نوع و ویژگی‌های کاغذ

ممکن است مکلف کاغذی داشته باشد و شک نماید که آیا می‌توان بر آن سجده نماید یا خیر (مثلاً نمی‌داند که کاغذش از چه مواد اولیه‌ای تهیه شده است یا نمی‌داند که آیا آهار سطحی دارد یا ندارد و...) در این صورت مکلف نمی‌تواند بر روی آن کاغذ سجده نماید؛ زیرا -همان‌طور که پیش‌تر هم اشاره شد- شرع برای صحت سجده شروطی را بیان کرده است؛ در اینجا شکی در مورد شروط شرعی وجود ندارد و آنها روشن هستند، بلکه شک از ناحیهٔ مکلف است که نمی‌تواند آن قواعد کلی را در مورد کاغذش تطبیق نماید. اگر بر این کاغذ سجده نماید، نمی‌داند که آیا آن شروط را احراز کرده است یا نه؟ پس به مقتضای قاعدهٔ اشتغال نمی‌تواند به سجده بر این کاغذ اکتفا نماید.

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

طبق صحیحهٔ هشام بن حکم، قاعدهٔ کلی دربارهٔ جنس محل سجده این است که از زمین باشد یا از چیزی که زمین آن را رویانده است؛ اما پوشیدنی و خوردنی نباشد. هرچند در خصوص سجده بر کاغذ سه روایت وجود دارد، اما ثابت نشده است که آنها حکمی جدید در مورد کاغذ بیان کرده باشند. بر این اساس، اگر کاغذهایی مانند کاغذهای سنتی در فرایند تولید استحاله نشده باشند، حکم سجده بر آنها همان حکم سجده بر مواد اولیه‌شان است و

ما اجتهاد
پژوهش‌های فقهی

سجده بر کاغذ با تأکید بر موضوع‌شناسی کاغذهای صنعتی

اگر استحاله شوند یا حتی شک در استحاله آنها داشته باشیم، قابل سجده نخواهند بود؛ زیرا معیارهای صحیحۀ هشام را برآورده نخواهند کرد.

کاغذهای صنعتی عمدتاً از چوب تهیه می‌شوند. یک چهارم تا یک سوم ساختار چوب را ماده‌ای به نام «لیگنین» تشکیل می‌دهد که بقای آن در خمیر کاغذ، مشکلات پرشماری به وجود می‌آورد. اگر خمیر کاغذ با روش مکانیکی تهیه شود، این ماده در خمیر باقی می‌ماند. اما اگر از روش‌های شیمیایی خمیر را تهیه کنند، این ماده از خمیر حذف می‌شود. استفاده از فرایندهای شیمیایی برای حذف لیگنین، شبهه جدی استحاله مواد اولیه را ایجاد می‌کنند. استفاده از مواد شیمیایی برای رنگ‌بری خمیر هم این شبهه را تشدید می‌کند. علاوه بر این، به خمیر کاغذ، انواع و اقسام افزودنی‌ها (مانند پرکننده‌ها، آهاردهنده‌های درونی، موادی که به آگیری کاغذ یا تعلیق الیاف در آب کمک می‌کنند) اضافه می‌شود که هر یک از آنها می‌توانند مانعی برای سجده بر کاغذ ایجاد نمایند. آهار سطحی یا پوشش دادن کاغذ هم به تنهایی می‌تواند موانع کاملی برای سجده محسوب شوند.

کاغذهای امروزی انواع زیادی دارند که سجده بر اکثر قریب به اتفاق آنها با موانعی روبه‌روست. هرچند برخی از انواع کاغذها موانع کمتری برای سجده دارند؛ مثلاً دستمال کاغذی - که از همان خمیر کاغذ و با فرایندی مشابه تولید می‌شود - مشکل آهار را ندارد. در مقابل سجده بر برخی از انواع کاغذها مانند اسکناس، مشکلات اضافه‌ای دارد؛ مانند جنس مواد اولیه و نیز حکمت ذیل روایت هشام.

با توجه به مجموع مسائل مطرح شده در مورد کاغذ صنعتی و شبهاتی که در مورد هر کدام از آنها وجود دارد، باید گفت که سجده بر کاغذهای امروزی بنا بر احتیاط واجب جایز نیست؛ مگر آنکه مکلف فقدان موانع یادشده را احراز نماید.

منابع و مآخذ

۱. ابراهیمی بریسا، رحیم، توکلی، حمیدرضا، «کاربرد نشاسته به عنوان افزودنی مقاومت خشک در کاغذ سازی»، فصلنامه بسپارش، سال پنجم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴.
۲. ابن حاج فاسی، محمد بن محمد، المدخل، [بی جا]: دار التراث، [بی نو]، [بی تا].
۳. ابن بابویه، شیخ صدوق، محمد بن علی، من لا یحضره الفقیه، قم: دفتر انتشارات اسلامی، چ ۲، ۱۴۱۳ق.
۴. اراکی، محمد علی، کتاب الصلاة، قم: دفتر آیت الله اراکی، چ ۱، ۱۴۲۱ق.
۵. اسکات، ویلیام ای، مبانی و ویژگی‌های کاغذ، ترجمه الیاس افرابندی، تهران: نشر علوم کشاورزی، چ ۱، ۱۳۸۱ش.
۶. اصفهانی، ابوالحسن، وسیلة النجاة (مع حواشی الإمام الخميني)، قم: مؤسسه تنظیم و نشر آثار امام خمینی، چ ۱، ۱۴۲۲ق.
۷. افشار، ایرج، کاغذ در زندگی و فرهنگ ایرانی، تهران: میراث مکتوب، چ ۱، ۱۳۹۰ش.
۸. بابازاده، شهلا، «سیری در پیدایش کاغذ»، فصلنامه کتاب، شماره ۵۵، پاییز ۱۳۸۲.
۹. بروجردی، حسین، نهاية التقرير، قم: مرکز فقهی ائمه اطهار علیهم السلام، [بی تا].
۱۰. بهجت، محمدتقی، وسیلة النجاة، قم: انتشارات شفق، چ ۲، ۱۴۲۳ق.
۱۱. پورممتاز، علیرضا، مدرسی تهرانی، شهره، کاغذ (از مجموعه کتاب‌های مرجع نشر)، تهران: خانه کتاب، چ ۱، ۱۳۸۰ش.
۱۲. تاتاری، علی اصغر، زینلی، فرهاد، «همی سلولوزها: آثار، انواع و کاربردهای آنها به عنوان پلیمرهای مقاومت خشک کاغذ»، فصلنامه بسپارش، دوره ۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۲.
۱۳. تبریزی، جواد، صراط النجاة، قم: دار الصدیقة الشهيدة علیها السلام، چ ۱، ۱۴۲۷ق.
۱۴. _____، منهاج الصالحین، قم: مجمع الإمام المهدي علیه السلام، چ ۱، ۱۴۲۶ق.
۱۵. _____، المسائل المنتخبة، قم: دار الصدیقة الشهيدة علیها السلام، چ ۵، ۱۴۲۷ق.
۱۶. توکلی، حمیدرضا و دیگران، «بازیافت کاغذ و مقوای کنگره‌ای، روشی مناسب برای توسعه پایدار استفاده از منابع لیگنوسلولزی»، مجموعه مقالات اولین همایش ملی مدیریت منابع طبیعی.
۱۷. حائری یزدی، عبدالکریم، کتاب الصلاة، قم: انتشارات دفتر تبلیغات اسلامی حوزه علمیه قم، چ ۱، ۱۴۰۴ق.
۱۸. حکیم، محسن، منهاج الصالحین، بیروت: دار التعارف للمطبوعات، چ ۱، ۱۴۱۰ق.
۱۹. _____، مستمسک العروة الوثقی، قم: دار التفسیر، چ ۱، ۱۴۱۶ق.

۲۰. حکیم، محمد سعید، منهاج الصالحین، بیروت: دار الصفوة، چ ۱، ۱۴۱۵ق.
۲۱. خمینی، روح الله، تحرير الوسيلة، قم: مؤسسه مطبوعات دار العلم، چ ۱، [بی تا].
۲۲. خوانساری، احمد، جامع المدارك في شرح مختصر النافع، قم: مؤسسه اسماعیلیان، چ ۲، ۱۴۰۵ق.
۲۳. خویی، ابوالقاسم، منهاج الصالحین، قم: نشر مدينة العلم، چ ۲۸، ۱۴۱۰ق.
۲۴. _____، صراط النجاة، قم: مکتب نشر المنتخب، چ ۱، ۱۴۱۶ق.
۲۵. _____، موسوعة الإمام الخوئي، قم: مؤسسه إحياء آثار الإمام الخوئي، چ ۱، ۱۴۱۸ق.
۲۶. روبرتس، جان کریستوفر، شیمی کاغذ، تهران: آبیژ، چ ۱، ۱۳۸۱ش.
۲۷. روحانی، محمد صادق، فقه الصادق عليه السلام، قم: دار الكتاب مدرسه امام صادق عليه السلام، چ ۱، ۱۴۱۲ق.
۲۸. _____، منهاج الصالحین، [بی جا]: [بی نا]، [بی نو]، [بی تا].
۲۹. روحانی، محمد، المسائل المنتخبة، كويت: شركة مكتبة الألفين، چ ۱، ۱۴۱۷ق.
۳۰. سبزواری، عبدالاعلی، مهذب الأحكام، قم: مؤسسه المنار - دفتر حضرت آية الله، چ ۴، ۱۴۱۳ق.
۳۱. سیستانی، علی، المسائل المنتخبة، قم: دفتر حضرت آية الله سیستانی، چ ۹، ۱۴۲۲ق.
۳۲. _____، منهاج الصالحین، قم: دفتر حضرت آية الله سیستانی، چ ۵، ۱۴۱۷ق.
۳۳. شبیری، موسی، المسائل الشرعية، قم: مؤسسه نشر الفقاهة، چ ۱، ۱۴۲۸ق.
۳۴. صافی گلپایگانی، لطف الله، هداية العباد، قم: دار القرآن الکریم، چ ۱، ۱۴۱۶ق.
۳۵. صدر، محمد باقر، الفتاوى الواضحة وفقا لمذهب أهل البيت عليهم السلام، بیروت: دار التعارف للمطبوعات، چ ۸، ۱۴۰۳ق.
۳۶. طباطبایی قمی، تقی، مباني منهاج الصالحین، قم: منشورات قلم الشرق، چ ۱، ۱۴۲۶ق.
۳۷. طباطبایی، علی، ریاض المسائل، قم: مؤسسه آل البيت عليهم السلام لإحياء التراث، چ ۱، ۱۴۱۸ق.
۳۸. طوسی، شیخ طوسی، محمد بن حسن، الإستبصار فيما اختلف من الأخبار، تهران: دار الكتب الإسلامية، چ ۱، ۱۳۹۰ق.
۳۹. _____، تهذيب الأحكام، تهران: دار الكتب الإسلامية، چ ۴، ۱۴۰۷ق.
۴۰. عاملی، جواد، مفتاح الكرامة في شرح قواعد العلامة، قم: دفتر انتشارات اسلامی، چ ۱، ۱۴۱۹ق.
۴۱. عاملی، شهید ثانی، زین الدین بن علی، روض الجنان في شرح إرشاد الأذهان، قم: دفتر انتشارات اسلامی، چ ۱، ۱۴۰۲ق.
۴۲. عراقی، آقاضیاء الدین، شرح تبصرة المتعلمین، قم: دفتر انتشارات اسلامی، چ ۱، ۱۴۱۴ق.
۴۳. فاضل لنکرانی، محمد، تفصیل الشریعة في شرح تحرير الوسيلة (کتاب الصلاة)، قم: مؤلف، چ ۱، ۱۴۰۸ق.

۴۴. فائزی پور، مهدی و دیگران، «بررسی گیاه کنف در تهیه خمیر کاغذ»، مجله منابع طبیعی ایران، ج ۵۳، شماره ۳، سال ۱۳۷۹ ش.
۴۵. لاودی، هلن، کاغذهای اسلامی، بررسی یکی از صنایع باستانی، تهران: سازمان اسناد و کتابخانه ملی جمهوری اسلامی ایران، چ ۱، ۱۳۹۸ ش.
۴۶. محقق داماد، محمد، کتاب الصلاة، قم: دفتر انتشارات اسلامی، چ ۲، ۱۴۱۶ ق.
۴۷. مدخل «کاغذ»، دایرة المعارف کتابداری و اطلاع رسانی.
۴۸. مقاله «آهار مهره»، دانشنامه بزرگ اسلامی.
۴۹. مقاله «چاو»، دانشنامه جهان اسلام.
۵۰. منظور الاجداد، مهدی، مفاهیم نظری و کاربردی ساخت کاغذ و فرآیند چاپ، تهران: خانه کتاب، چ ۱، ۱۳۹۰ ش.
۵۱. نجفی، صاحب جواهر، محمدحسن، جواهر الکلام فی شرح شرائع الإسلام، بیروت: دار احیاء التراث العربی، چ ۷، ۱۴۰۴ ق.
۵۲. همدانی، رضا، مصباح الفقیه، قم: مؤسسه الجعفریة لإحیاء التراث و مؤسسه النشر الإسلامی، چ ۱، ۱۴۱۶ ق.
۵۳. وحید خراسانی، حسین، منهاج الصالحین، قم: مدرسه امام باقر (ع)، چ ۵، ۱۴۲۸ ق.
۵۴. یزدی، محمدکاظم، العروة الوثقی مع التعليقات، قم: انتشارات مدرسه امام علی بن ابی طالب (ع)، چ ۱، ۱۴۲۸ ق.
۵۵. _____، العروة الوثقی مع تعليقات الفاضل، قم: مرکز فقهی ائمه اطهار (ع)، چ ۱، [بی تا].
۵۶. _____، العروة الوثقی مع تعليقات المنتظری، [بی جا]: [بی نا]، [بی نو]، [بی تا].
۵۷. _____، العروة الوثقی، بیروت: مؤسسه اعلمی، چ ۲، ۱۴۰۹ ق.
۵۸. سایت «رسمی دفتر مرجع عالیقدر آقای سید علی حسینی سیستانی»، «پرسش و پاسخ < سجود>»، [بی تا]، www.sistani.org/persian/qa/0937، ۲۸ تیر ۱۴۰۰.
۵۹. سایت «وطن بیو»، «سلولز چیست؟ حقایق و کاربردهای سلولز»، ۱۸ آذر ۱۳۹۸، vatan.bio/blog/cellulose، ۲۸ تیر ۱۴۰۰.
۶۰. سایت «وندا»، مقاله «رول حرارتی»، ۱۲ Jun ۲۰۱۹، www.vandapaper.ir، ۲۸ تیر ۱۴۰۰.
۶۱. سایت «ویکی پدیا»، «Hemp paper»، ۲۰۲۱ Mar ۴، en.wikipedia.org/wiki/Hemp_paper، ۲۸ تیر ۱۴۰۰.
۶۲. سایت «ویکی پدیا»، «Woodfree uncoated paper»، ۲ Dec ۲۰۱۹، en.wikipedia.org/wiki/Woodfree_uncoated_paper، ۲۸ تیر ۱۴۰۰.

۶۳. M. Zimniewska, and others, “Nanolignin Modified Linen Fabric as a Multifunctional Product”, Molecular Crystals and Liquid Crystals, Volume ۴۸۴, Issue ۱, ۲۰۰۸.

مآخذ
پژوهش‌های علمی

سال هشتم، شماره ۱۵، بهار و تابستان ۱۴۰۳