

Исследование влияния количества сшиваемых слоев ткани с полиуретановым покрытием на нагрев швейной иглы

Ю.И. МАРУЦАК, Н.Н. ЯСИНСКАЯ

(Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь)

В условиях промышленного пошива значительным фактором, влияющим на целостность полимерного покрытия и его последующие функциональные свойства (включая способность к восстановлению), является тепловыделение, обусловленное трением иглы о материал и о нить. Согласно исследованиям, температура швейной иглы в процессе работы может достигать 150-350 °С и выше, что сопоставимо или превышает температуру деструкции многих полимеров [1-3]. В каждом цикле формирования стежка наблюдаются колебания температуры иглы при прокалывании [2]. Тепло вырабатывается в основном из-за трения между иглой и нитью, а также между иглой и тканью. Некоторые исследователи считают, что ткань является источником охлаждения, в то время как другая группа считает ее источником тепла из-за трения с иглой. Исследователи обеих теорий [4-6] опубликовали статьи по этому вопросу.

Возникающий нагрев иглы может приводить к локальному оплавлению синтетических волокон, деградации полимерных покрытий и снижению прочности шва, что в конечном итоге формирует дефекты строчки и ухудшает функциональные характеристики материала. Динамика нагрева и конечные температурные значения существенно зависят от комплекса факторов: свойств материала, скорости шитья, геометрии и покрытия иглы. Существующие расхождения в оценках вклада трения иглы дополнительно подчеркивают сложность процесса и необходимость его изучения. Актуальность исследования обусловлена необходимостью количественной оценки температуры швейной иглы при формировании строчки на материале с полиуретановым покрытием в режимах, приближенных к реальным производственным условиям. Полученные данные будут полезны для последующего прогнозирования сохранности и способности к восстановлению материалов с полимерными покрытиями.

Для испытания выбрана ткань с наибольшей толщиной (0,72 мм) пористого полиуретанового слоя в рамках существующего ассортимента, поверхностной плотностью 390 г/м². Выбор обусловлен необходимостью оценки наихудшего сценария с точки зрения механического и термического воздействия, так как повышенная толщина способствует более интенсивному нагреву. Размер образца: 150х8,5см. Длина задана с запасом максимально возможной строчки в производстве, чтобы гарантировать оценку температурного режима в условиях, соответствующих непрерывному шитью.

Исследования проводились на промышленной одноигольной швейной машине JACK JK-SHIRLEY IB, обеспечивающей скорость до 5000 об/мин на средних тканях и 3500 об/мин на тяжелых тканях. Для минимизации трения использована тефлоновая лапка. Использовалась универсальная швейная игла 100R (круглое острие) производства Groz-beckert (Германия). Тип острия R является ключевым фактором, определяющим интенсивность нагрева. В отличие от режущих (LL, LR) или колющих (SPI) острий, круглое острие приводит к сильному трению, площадь контакта между скругленной поверхностью острия и полимерным материалом максимальна. В качестве швейной нитки выбрана 35 ЛЛ из 100% полиэстера. Параметры строчки: длина стежка 3 мм (3 стежка на 1 см), длина одной строчки 145 см, количество параллельных строчек на одном образце 12, общее время непрерывного пошива 5-8 минут.

В случае швейных игл, имеющих малый размер (0,1-0,2 см), низкую излучательную способность (0,05-0,1) [6] и широкий диапазон температур (100-300 °С) [3], получить точные результаты температуры непросто. Кроме того, текстильный материал и швейная нитка расположены близко к игле, и разница в излучательной способности затрудняет фокусировку на игле. Исследователи [1,6] используют множество методов для измерения температуры игл, включая тепловизоры, инфракрасные пирометры, контактные датчики, чувствительные воски/красители [6]. В рамках исследования нагрев иглы регистрировали бесконтактным методом с использованием тепловизора RGK TL-80. Установлен коэффициент излучения (ϵ) 0,08, что характерно для хрома (антикоррозийное покрытие швейных игл). Измерительный прибор установлен на расстоянии 20 см под углом, обеспечивающим четкую визуализацию иглы. Регистрация проводилась в непрерывном режиме.

В швейном производстве операции редко ограничиваются соединением двух деталей. Выбор способов соединения деталей зависит от используемых материалов, требований, предъявляемых к изделию. В рамках данного исследования оценивали температуру швейной иглы при моделировании 2-ух, 4-ех и 6-и слойного сложения материалов (рис. 1). Данные исследования направлены на установление зависимости между количеством прокладываемых слоев и температурной нагрузкой на иглу.

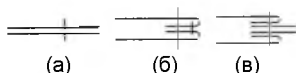


Рис. 1 Моделирование 2-ух (а), 4-ех (б) и 6-ти (в) слойного сложения материалов

Результаты измерения температуры иглы при пошиве пакета материалов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Термограммы при пошиве пакета материалов					
двухслойного				четырёхслойного	
Начало	4 строка	8 строка	12 строка	Начало	4 строка
шестислойного				четырёхслойного	
Начало	4 строка	8 строка	12 строка	8 строка	12 строка

На рисунке 2 представлена кинетика нагрева швейной иглы в зависимости от количества сшиваемых слоев. Кинетическая кривая представляет собой чередование подъемов и спадов температуры. Пиковые значения связаны с периодами активного прокола материала на максимальной скорости. Между пиками наблюдаются спады, что свидетельствует о том, что в процессе пошива, при смене направления строчки или перевороте образца, контакт иглы с материалом временно прекращался, что позволяло игле рассеивать тепло и ее температура успевала снизиться.

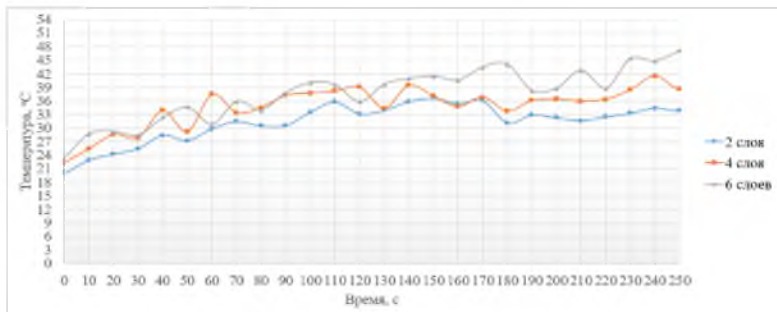


Рис. 2 Кинетика нагрева швейной иглы от количества сшиваемых слоев

После первоначального роста и прохождения нескольких циклов «нагрев-охлаждение» температура иглы выходит на стабильную температуру. На всех графиках наблюдается наиболее крутой подъем температуры на начальном этапе пошива (первые 50-100 секунд). При этом с увеличением толщины пакета этот начальный скачок становится более выраженным, что свидетельствует о более интенсивном тепловыделении.

Пиковая температура иглы в двухслойном пакете не превысила 37°C. Для четырехслойного пакета материалов установившийся температурный уровень стабилизируется на более высоком значении – 36-41°C, а для шестислойного – в диапазоне 40-47°C. С увеличением толщины пакета с 2 до 6 слоев происходит закономерный рост как пиковой, так и установившейся температуры иглы. Однако циклический характер нагрева и наличие периодов охлаждения являются важным фактором. Это означает, что в реальном производственном цикле, где операции чередуются (например, стачивание, поворот изделия, подгибка), у иглы есть возможность остывать, что снижает совокупное воздействие на полиуретановое покрытие ткани. Тем не менее, выявленный уровень нагрева требует внимания, так как может влиять на свойства чувствительных полимерных материалов.

Полученные данные позволяют утверждать, что для большинства видов швейных изделий, где количество одновременно прошиваемых слоев не превышает 4, температура иглы остается в пределах, не вызывающих температурного повреждения полиуретанового покрытия. Значения 50,1°C наблюдаются при 6-слойном сложении, что редко встречается в повседневной одежде и может быть характерно для специальных изделий. Полиуретан, используемый в составе материала, обладает высокой термической стабильностью и сохраняет целостность своей структуры при температурах, значительно превышающих зафиксированные в эксперименте. Его температурный порог деструкции составляет более 150-200°C, что создает существенный запас прочности. Данное заключение относится к производству повседневной одежды, с использованием материалов с полиуретановым покрытием.

ЛИТЕРАТУРА

1. Dal V. Analyzing the effects of sewing machine needle coating materials on the needle's heating during sewing // *Tekstil ve Konfeksiyon*. – 2014. – Vol. 24, No. 4. – Pp. 393-398.
2. Чаленко, Е. А. Влияние свойств материалов на конструктивные решения и технологические процессы изготовления корсетно-бельевых изделий // *Theoretical & Applied Science*. – 2018. – № 12(68). – С. 365-372.

3. Mazari A. A. Effect of needle heating on the sewing of medical textiles // Polymers. – 2021. – Vol. 13, No. 24. – 4405.
4. Yukseloglu, M., Citoglu, F., Catinkaya, B. A study on the needle heating in polyester blend upholstery fabrics. Ind. Text. 2013, 63, 246-253.
5. Mazari, A. Prediction of needle heating in an industrial sewing machine. J. 2016, 86, 302-310.
6. Nayak, R., Padhye, R. Automation in Garment Manufacturing; Woodhead Publishing: Duxford, UK, 2018; pp. 1-290.