

## ОСОБЕННОСТИ ТРЕБОВАНИЙ ВНУТРЕННЕГО И ВНЕШНЕГО ПОТРЕБИТЕЛЕЙ К СВОЙСТВАМ ГОРЯЧЕКАТАНОГО СТАЛЬНОГО ПРОКАТА

*Аннотация.* В статье представлены основные потоки готовой продукции листопрокатного цеха в структуре металлургического предприятия полного цикла. На примере технологии производства стальных полос горячей прокаткой показана зависимость заданных механических свойств заказу внешнего и внутреннего потребителей согласно требованиям стандартов. Отмечается важность идентификации потребностей как внешних, так и внутренних потребителей. Рассмотрены особенности использования определенных марок стали под нужды конкретных отраслей и их функциональные свойства для металлоизделий различного назначения. Приведены характеристики заданных механических свойств согласно требованиям стандартов. Показана зависимость комплекса свойств от реальных потребностей внешнего и внутренних потребителей для дальнейшего проектирования технологического процесса. Это приобретает особую актуальность для производства металлопродукции, имеющей глубокую степень переработки, а также относящейся к финишным переделам отрасли.

**Ключевые слова:** горячая прокатка, технологическая система, внешние потребители, внутренние потребители, механические свойства.

### Введение

Современное состояние и тенденции развития моделирования процессов многостадийной обработки с точки зрения феноменологической вероятностной модели влекут за собой масштабные исследования влияния различных факторов на свойства материала. Оценка изменения параметров состояния механических свойств в ходе технологического процесса изготовления изделий, определение закономерностей и влияние их на формирование свойств готовой продукции необходимы для формализации механизмов развития вероятностного процесса и совершенствования технологии получения изделий с заданным уровнем механических свойств.

Производство горячекатаного проката состоит из процессов, которые выполняла работа организации, всегда берут входы (т.е. материалы, энергию, информацию) и преобразовывают их соответственно в выходы (т.е. в готовую товарную продукцию). Основные процессы должны быть взаимосвязаны, выход из одного становится входом в другой. При этом связи между ними обычно рассматриваются как внутреннее потребление. И к требованиям этих внутренних потребителей предприятия относится так же отзывчиво, как и в отношении к внешним [1-4]. Поскольку внутренние потребители столь же важны для гарантированного обеспечения качества, насколько и внешние потребители, приобретающие готовую металлопродукцию.

Объектом исследования в данной работе выбрана технология производства стальных полос горячей прокаткой. Листопрокатный цех в структуре металлургического предприятия полного цикла приведен на рис. 1.

Внешние потребители, требования к готовой продукции которых будут удовлетворены на выходе, находятся вне организации, но используют выходные потоки процесса изготовления горячекатаного стального проката. Металлопродукция, выпускаемая цехом

горячей прокатки должна соответствовать так называемым устойчивым требованиям внутренних потребителей [5]. Предполагается баланс между экономическими интересами предприятия и потребностями потребителя [6].

По видам производства прокат делится на рулонный и листовой. В цеха холодной прокатки стального листа, цех производства металла с покрытием и цех холодной прокатки стальной ленты продукция поступает в рулонах. Воздействуя на конечный продукт металлургического предприятия, данные цеха являются внутренними потребителями. Являясь функциональными подразделениями предприятия, им требуется продукция с заданным уровнем качества, которое регламентируют различные нормативные документы. Традиционно под внутренними потребителями понимаются потребители внутри организации по отношению к владельцу процесса. Под процессом здесь понимается совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих видов деятельности [7].

Механические свойства материала характеризуют его поведение под действием внешней нагрузки, деформации, сопротивление материала разрушению и особенность его поведения в процессе жизненного цикла изделия. Поскольку выпускаемая цехом горячей прокатки продукция обладает чрезвычайно широкой областью применения, а следовательно, и условиями эксплуатации, то рассматриваемые свойства будут состоять из большой группы показателей [8-11]. Эта группа свойств может включать в себя такие показатели, как прочность, упругость, пластичность, твердость и вязкость. В основную группу этих показателей входят определенные характеристики механических свойств, полученные в лабораторных условиях на образцах, установленных в различных стандартах размеров. Показатели механических свойств, которые получили при таких испытаниях, оцениваются поведением материалов под внешней нагрузкой без учета условий эксплуатации и конструкции. Также дополнительно к этому они определяют показатели

конструкционной прочности, находящиеся в наибольшей корреляции с эксплуатационными свойствами получаемого изделия и оценивают работоспособность материала в условиях функционирования на протяжении всего жизненного цикла [12].

В работе рассмотрены одни из основных характеристик прочности: предел текучести ( $\sigma_T$ ), временное сопротивление ( $\sigma_B$ ) и относительное удлинение ( $\delta$ ). Под пределом текучести понимается напряжение, при котором образец получает остаточное (пластическое) удлинение. Временное сопротивление (предел прочности) – это напряжение, которое соответствует наибольшей нагрузке, предшествующей разрушению образца. Для оценки пластичности металла служит относительное удлинение образца при растяжении. Данные характеристики можно рассмотреть примени-

тельно к направлению движения металлопродукции. На рис. 2 приведен пример соответствия требований нормативной документации внешнего потока горячекатаного металла.

Для внешнего потребителя важны эксплуатационные свойства. Для электроэнергетической отрасли в первую очередь важна термостойкость и коррозионная стойкость материала. В энергетике коррозия является одним из основных видов разрушения металлов. Также требуемый стандартом уровень свойств для энергооборудования обосновывается соответствием таким технологическим свойствам, как деформируемость, жидкотекучесть и свариваемость. Теплопроводность, например, играет определяющую роль для элементов теплообменников. Чем выше теплопроводность у этих элементов, тем выше их КПД.

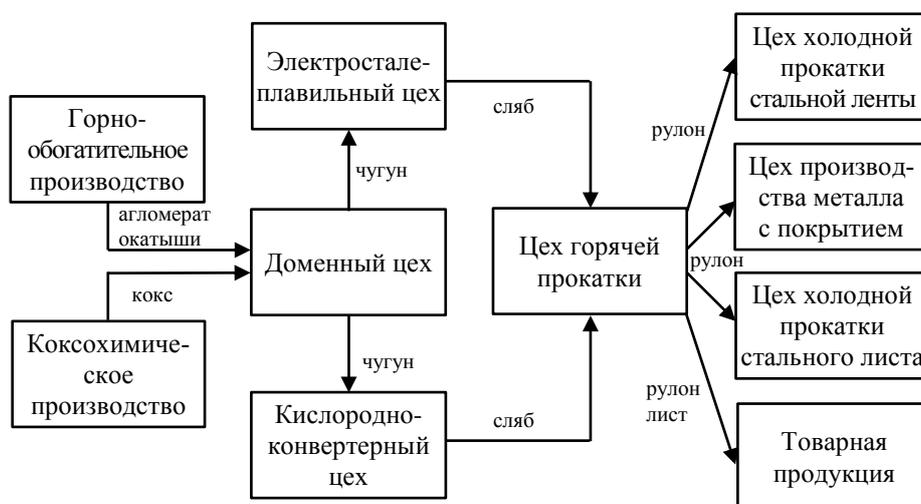


Рис. 1. Листопрокатный цех в структуре металлургического предприятия полного цикла



Рис. 2. Схема соответствия заданных механических свойств заказу внешнего потребителя согласно требованиям стандартов

На примере нефтегазовой отрасли можно найти объяснение жестким требованиям к качеству и соответствию заданного уровня свойств выпускаемой металлопродукции на внешний рынок. В настоящее время во всем мире одной из важнейших задач является транспортировка газа и нефти на значительные расстояния. Трубопроводный транспорт является безусловным лидером среди возможных способов доставки. От надежности труб и качества материалов, из которых их изготавливают, зависит работоспособность газонефтепроводных магистралей. Уровень свойств и качество основного металла труб существенно влияют на протяженность и количество разрушений трубопроводов. Во время эксплуатации газонефтепроводные трубы работают в условиях, существенно отличающихся от работы других металлических конструкций [13]. Это обосновывается тем, что их эксплуатация происходит в районах с суровыми природно-климатическими условиями, при воздействии постоянных или циклических нагрузок, а также со скоплением большого количества упругой энергии сжатого газа. Запас внутренней упругой энергии магистрального газопровода возрастает с увеличением диаметра трубы и рабочего давления транспортируемого газа. Ввиду постоянно растущей длины трубопровода и рабочего давления разработка высокопрочных сталей вносит значительный вклад в снижение стоимости проекта трубопровода. Существует необходимость тесного сотрудничества между всеми вовлеченными сторонами для оптимизации трубопроводных проектов с точки зрения качества и стоимости [14].

Высокие требования к трубным сталям в отношении механических свойств и структуры, формирующей эти свойства, предъявляют с целью предупреждения разрушений трубопроводов. Эти требования сводятся к тому, что материал должен обладать хорошей вязкостью, иметь высокую прочность и спо-

собность сопротивляться хрупкому разрушению при температурах эксплуатации, иметь хорошую свариваемость и пластичность.

Сталь марки СтЗсп характеризуется уникальной свариваемостью (рис. 3), что обеспечивает большой диапазон технических характеристик, которые можно улучшить при помощи легирующих добавок. Свойства стали дают возможность применять дуговую сварку – автоматическую и ручную, сварку по контактно-точечной и электрошлаковой технологии. Важно для проведения всех сварочных работ, что сталь данной марки легко сваривается без подготовительных мероприятий – специальной подготовки, и изделия не требуют обработки после сварки.

Сталь данного типа является одной из самых востребованных в строительстве и промышленности. Малое количество в сплаве кислорода и однородная структура – это факторы, повышающие стойкость к образованию коррозии в агрессивных средах. Эти качества, а также большая пластичность делают данную сталь незаменимой при производстве конструкций, элементов, к которым предъявляются большие требования по жесткости. Это – прокат листовой и фасонный (швеллеры, двутавры и тавры, уголки), заготовки для арматуры, элементы трубопроводов (в частности, квадратные трубы) и пр. Характеристики стали дают возможность возводить из неё опорные несущие конструкции, каркасы, эксплуатация которых ведётся в сложных условиях. Из стали СтЗсп изготавливают элементы и детали без термообработки, что даёт возможность сохранить все характеристики сплава.

Таким образом, для внешнего потребителя наибольшее значение имеют эксплуатационные свойства материалов.

Не менее важной задачей для цеха по производству горячекатаного проката является удовлетворение требований внутреннего потребителя (рис. 4).



Рис. 3. Функциональные свойства стали СтЗсп для металлоизделий различного назначения

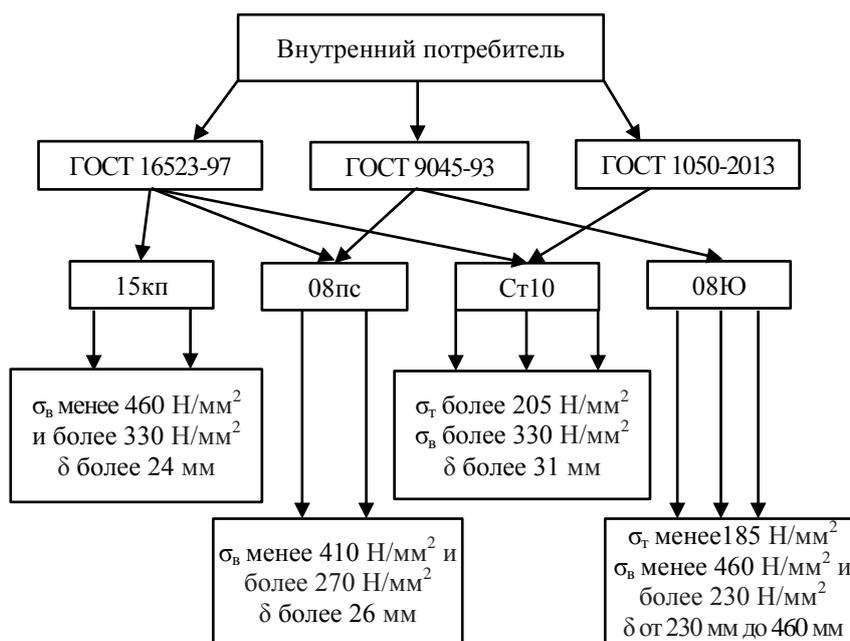


Рис. 4. Схема соответствия заданных механических свойств заказу внутреннего потребителя согласно требованиям стандартов

Для внутреннего потребителя на передний план выходит перерабатываемость горячекатаного проката на последующих пределах. Внутренние потребители – это цеха холодной прокатки, где происходит травление, прокатка, смотка полос в рулоны. Механические свойства должны обеспечить такой уровень механических свойств, который позволяет перерабатывать прокат с меньшим количеством брака.

Например, из стали ст10 изготавливаются детали, работающие при температуре до +450°С. К ним предъявляют требования высокой пластичности, после химико-термической обработки данной стали –

требования высокой поверхностной твердости при невысокой прочности сердцевины. Изготавливают из такой стали штамповки, поковки, трубопроводы котлов высокого давления и другие детали с довольно длительным сроком службы при высоких температурах, что обуславливает уровень требуемых свойств (рис. 5).

Из углеродистой качественной стали 15кп изготавливают, как правило, крепежные элементы, в которых требуется высокая твердость поверхности, а также детали, работающие в интервале температур от -40 до +425°С, обладающие высокой пластичностью (рис. 6).

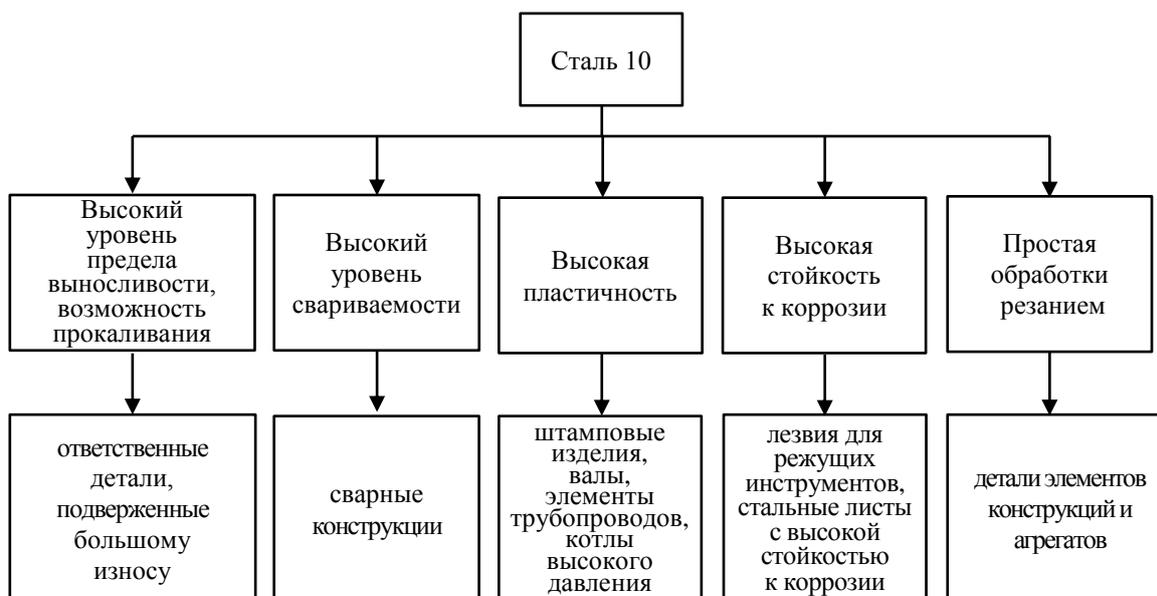


Рис. 5. Функциональные свойства стали 10 для металлоизделий различного назначения



Рис. 6. Функциональные свойства стали 15кп для металлоизделий различного назначения

Марка стали 08пс обладает повышенной прочностью, отсутствует риск хрупкости при отпуске. Не имеет ограничений при проведении процесса сварки деталей, не требующего подогрева и дальнейшей температурной обработки. Перечисленные свойства имеют большое значение при эксплуатации изделий, изготовленных из нее, поскольку для создания данной продукции предусматривается обработка при высоких температурах и химически активными элементами. Поскольку эту марку используют для создания деталей высокой прочности при помощи холодной штамповки, она должна обладать хорошими вытяжными свойствами. Сталь 08пс представляет собой довольно прочный, твердый и надежный металл, способный выдержать достаточно большие нагрузки.

Для штамповки деталей со сложной или особо сложной вытяжкой используют сталь марки 08Ю. ГОСТ 9045-80, предъявляющий требования к механическим свойствам тонколистового холоднокатаного проката из низкоуглеродистой качественной стали для холодной штамповки, устанавливает уровень свойств и глубину сферической лунки при испытании на выдавливание. Сплав 08Ю содержит в своем составе алюминий, который, соединяясь с кислородом, уменьшает его негативное влияние, увеличивая прочность сплава.

Благодаря своим свойствам, сталь 08Ю имеет довольно широкую сферу применения. Из нее изготавливают детали электросварных труб и конструкций в машиностроительной сфере, детали для паяных свертных двухслойных труб, используемых в трубопроводах гидравлических систем сельскохозяйственной техники и автомобилей, холоднокатаную ленту для штамповки и гибки различных по назначению деталей, порошковой проволоки, для подшипников, труб и прочих элементов. Именно через передел холодного цеха данный сплав из цеха горячей прокатки попадает в дальнейший передел для вырубки и штамповки заготовки, вытяжки формы и ее конфигурирования для дальнейшего эмалирования. Для таких из-

делий сталь должна иметь высокую пластичность и теплопроводность, которые тем выше, чем меньше примесей в материале заготовки. Именно эти требования и определяют пригодность для последующих переделов.

Рассматривая основные потоки процесса производства стальных полос горячей прокаткой, определены наиболее важные для различных потребителей свойства. Комплекс этих свойств определяется функциями, которые выполняет продукт на выходе. С одной стороны, для внешнего потребителя важны будут заданные эксплуатационные свойства, с другой – перерабатываемость материала для внутреннего. Производство металлопродукции можно представить целой сетью взаимодействующих процессов. Определяя их входы и выходы, устанавливая конкретных потребителей каждого процесса, можно идентифицировать потребности внутренних и внешних и установить соответствие функций, выполняемых изделием, требуемому уровню свойств, заданному нормативной документацией.

#### Список литературы

1. Шлеер С., Меллор С. Объектно-ориентированный анализ: моделирование мира в состояниях: пер. с англ. Киев: Диалектика, 1993. 240 с.
2. Полякова М.А., Ширяева Е.Н., Налимова М.В. Системный анализ технологического процесса горячей прокатки стальной полосы // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2020. Выпуск 2. С 360–369.
3. Рубин Г.Ш., Данилова Ю.В., Полякова М.А. Системный анализ в стандартизации. Принцип системности в стандартизации // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2017. № 1. С. 118–123.
4. Рубин Г.Ш., Данилова Ю.В., Полякова М.А. Системный анализ в стандартизации. Стандартизация как форма взаимодействия систем // Современные

- технологии. Системный анализ. Моделирование. 2016. № 4. С. 100–105.
5. Голубчик Э.М. Адаптивное управление качеством металлопродукции // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2014. № 1(45). С. 63–68.
  6. Чукин М.В., Полякова М.А., Ширяева Е.Н. Разработка модели управления процессом горячей прокатки стальной полосы в условиях неопределенности информации // Управление большими системами: труды XVII Всероссийской школы-конференции молодых ученых, 6–9 сентября 2021 г., Москва - Звенигород / под общ. ред. Новикова Д.А.; Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Минобрнауки России. Электрон. текстовые дан. (1 файл: 45 Мб). Москва : ИПУ РАН, 2021. 1 CD-R. Систем. требования: Pentium 4; 1,3 ГГц и выше; Internet Explorer; Acrobat Reader 4.0 или выше. Загл. с титул. экрана. ISBN 978-5-91450-255-0. Текст : электронный.
  7. Хубка В. Теория технических систем: пер. с нем. М. : Мир, 1987. 208 с.
  8. Ширяева Е.Н., Полякова М.А. Анализ подходов к оценке надежности технических систем // Вестник современных технологий. 2019. № 3(15). С. 9–16.
  9. Ширяева Е.Н., Полякова М.А. Анализ подходов к оценке надежности технических систем. Современные материалы и технологии новых поколений // Сборник научных трудов II Международного молодежного конгресса [под ред. А.Н. Яковлева]. Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2019. С. 362–363.
  10. Ширяева Е.Н., Полякова М.А. Особенности оценки надежности технологических и технических систем в действующей нормативной документации // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2019. Т.17. №3. С. 60–69.
  11. Ширяева Е.Н., Полякова М.А., Голубчик Э.М. Предпосылки выбора метода оценки надежности технологического процесса горячей прокатки // Современные инновации в области науки, технологий и интеграции знаний: сборник материалов юбилейной международной научно-практической конференции, посвященной 60-летию Рудненского индустриального института. Рудный: Рудненский индустриальный институт, 2019. С. 596–604.
  12. Shiriaeva E.N., Polyakova M.A., Golubchik E.M. Prerequisites to Choose the Method for Dependability Assessment of Hot Rolling Process // Journal of Chemical Technology and Metallurgy. 2020. Vol. 55, No. 3. P. 681–686.
  13. Анучкин К.П., Горицкий В.Н., Мирошниченко Б.И. Трубы для магистральных трубопроводов. М.: Недра, 1986.
  14. [https://www.researchgate.net/publication/268395143\\_DEVELOPMENT\\_AND\\_PRODUCTION\\_OF\\_HIGH\\_STRENGTH\\_PIPELINE\\_STEELS](https://www.researchgate.net/publication/268395143_DEVELOPMENT_AND_PRODUCTION_OF_HIGH_STRENGTH_PIPELINE_STEELS)

#### Сведения об авторах

**Ширяева Елена Николаевна** – старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск, Россия. E-mail: [e.shyraeva@mail.ru](mailto:e.shyraeva@mail.ru). ORCID 0000-0002-4505-3873

**Полякова Марина Андреевна** – доктор технических наук, профессор кафедры «Технологии обработки материалов», ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск, Россия. E-mail: [m.polyakova@magtu.ru](mailto:m.polyakova@magtu.ru). ORCID 0000-0002-1597-8867

---



---

#### INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

---



---

#### FEATURES OF THE REQUIREMENTS INTERNAL AND EXTERNAL CONSUMERS TO PROPERTIES HOT ROLLED STEEL PRODUCTS

**Shiriaeva Elena N.** – Senior Lecturer, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia. E-mail: [e.shyraeva@mail.ru](mailto:e.shyraeva@mail.ru). ORCID 0000-0002-4505-3873

**Polyakova Marina A.** – Dr.Sci. (Eng.), Associate Professor, Department of Materials Processing Technologies, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia. E-mail: [m.polyakova@magtu.ru](mailto:m.polyakova@magtu.ru). ORCID 0000-0002-1597-8867

**Abstract.** The article presents the main flows of finished products of the sheet rolling shop in the structure of a full-cycle metallurgical enterprise. On the example of the technology of production of steel strips by hot rolling, the dependence of the specified mechanical properties on the order of external and internal consumers according to the requirements of the standards is shown. The importance of identifying the needs of both external and internal consumers is noted. The features of the use of certain steel grades for the needs of specific industries and their functional properties for metal products of various applications are considered. The characteristics of the specified mechanical properties ac-

ording to the requirements of the standards are given. The dependence of the complex of properties on the real needs of external and internal consumers for further design of the technological process is shown. This becomes particularly relevant for the production of metal products that have a deep degree of processing, as well as related to the final processing of the industry.

**Key words:** hot rolling, technological system, external consumers, internal consumers, mechanical properties

---

Ссылка на статью:

Ширяева Е.Н., Полякова М.А. Особенности требований внутреннего и внешнего потребителей к свойствам горячекатаного стального проката // Теория и технология металлургического производства. 2021. №4(39). С. 19-25.

Shiriaeva E.N., Polyakova M.A. Features of the requirements internal and external consumers to properties hot rolled steel products. *Teoria i tehnologija metallurgiceskogo proizvodstva*. [The theory and process engineering of metallurgical production]. 2021, vol. 39, no. 4, pp. 19-25.